Publicarea lucrării a fost finanțată de către DRÄGER SAFETY ROMÂNIA S.R.L.

ISBN 973-685-710-0

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI * Ştefan Georgescu Mircea Degeratu Sergiu Ioniță

Ştefan Georgescu
Mircea Degeratu
Sergiu Ioniță

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI

Scule, unelte şi utilaje pentru lucrul sub apă
Tăiere şi sudare subacvatică

MATRIX ROM BUCUREŞTI

ŞTEFAN GEORGESCU MIRCEA DEGERATU SERGIU IONIŢĂ

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI

SCULE, UNELTE ŞI UTILAJE PENTRU LUCRUL SUB APĂ. TĂIERE ŞI SUDARE SUBACVATICĂ

MATRIX ROM
Bucureşti 2004

© MATRIX ROM
C.P. 16-162
77500 – Bucureşti
tel. 01.4113617, fax 01.4114280
e-mail: matrix@fx.ro
www.matrixrom.ro

Editura MATRIX ROM este acreditată de
CONSILIUL NAŢIONAL AL CERCETĂRII ŞTIINŢIFICE DIN ÎNVĂŢĂMÂNTUL SUPERIOR

Referent ştiinţific: Contraamiral (r) prof. dr. ing. Dumitru NANU
fost Comandant al Centrului de Scafandri Constanţa

Consultant din partea firmei DRÄGER SAFETY ROMANIA: Mugurel ROMANO

Tehnoredactare computerizată: Gheorghe OLTEAN

Coperta I : Scafandru greu, echipat cu aparat de respirat sub apă
DM 200 DRÄGER, efectuând o operaţie de sudură sub apă

ISBN

PREFAŢĂ

Scafandrii profesionişti, atât cei care lucrează în domeniul civil, industrial, cât şi cei care execută operaţii subacvatice cu scop militar, sunt de fapt nişte lucrători sub apă care trebuie să aibă calificare într-una sau mai multe meserii utile la efectuarea unor lucrări subacvatice. Prin urmare, scafandrii profesionişti trebuie să fie instruiţi suplimentar, pe lângă instruirea care le asigură calificarea de scafandru, şi în executarea de diferite operaţii sub apă, în general din domeniul meseriilor în care scafandrul este deja calificat.

Executarea de lucrări subacvatice este mult mai dificilă decât executarea unor lucrări similare pe uscat, din mai multe motive. Un prim motiv îl reprezintă faptul că, la scafandru, starea de oboseală se instalează destul de repede datorită efortului respirator mai intens ca rezultat al inconfortului creat de costumul de scafandru, de aparatul de respirat sub apă utilizat şi de rezistenţa apei la diferitele mişcări. Un al doilea motiv constă în vizibilitatea redusă, uneori chiar foarte scăzută, iar cel de-al treilea motiv constă în faptul că starea de imponderabilitate a scafandrului îl incomodează la efectuarea unor lucrări la care scafandrul are nevoie de un punct de sprijin. La aceste motive se mai adaugă frigul datorat pierderilor de căldură mai intense, efectele fiziologice ale presiunii corespunzătoare adâncimii de lucru, precum şi spaţiile confinate în care lucrează uneori scafandrii şi limitările de timp corespunzătoare tehnologiilor de scufundare utilizate. De aceea, pentru efectuarea de lucrări subacvatice de bună calitate, scafandrii profesionişti trebuie să cunoască bine sculele, uneltele, instalaţiile şi utilajele destinate lucrului sub apă, precum şi tehnicile şi tehnologiile specifice diferitelor operaţii executate sub apă. În acest scop, scafandrii sunt calificaţi pentru diferitele categorii de scufundare şi pentru executarea diferitelor lucrări sub apă prin cursuri şi antrenamente care, în România, sunt organizate de Centrul de Scafandri Constanţa din cadrul Forţelor Navale Române.

Ţinând cont de cele prezentate mai sus, un lucru important care trebuie luat în considerare pentru efectuarea lucrărilor subacvatice îl reprezintă alegerea sculelor, uneltelor şi instalaţiilor adecvate, precum şi a unei logistici cât mai potrivite cu activitatea desfăşurată sub apă.

Prezentul volum vine în sprijinul scafandrilor profesionişti, el fiind o primă carte din seria "Lucrări subacvatice realizate cu scafandri" şi având titlul "Scule, unelte şi utilaje pentru lucrul sub apă. Tăiere şi sudare subacvatică". Această carte va fi urmată de o a doua carte din aceeaşi serie, intitulată "Control nedistructiv şi utilizare de explozivi sub apă. Lucrări tehnice subacvatice".

Cartea de faţă este structurată în două părţi şi şase capitole, abordând probleme legate de sculele, uneltele, instrumentele, instalaţiile şi utilajele folosite la lucrările subacvatice, precum şi probleme legate de operaţiile de tăiere şi sudare subacvatică efectuate cu scafandri.

Volumul este destinat în primul rând scafandrilor profesionişti, civili şi militari, precum şi personalului specializat în conceperea şi urmărirea desfăşurării diferitelor categorii de lucrări subacvatice.

Autorii mulţumesc firmei Dräger Safety România pentru finanţarea lucrării şi pentru documentaţia furnizată pe parcursul elaborării acesteia.

De asemenea, autorii aduc mulţumiri personalului Centrului de Scafandri Constanţa din cadrul Forţelor Navale Române pentru datele furnizate, utile la elaborarea acestui volum.

Autorii

CUPRINS

Partea întâi. SCULE, UNELTE, INSTRUMENTE, INSTALAŢII ŞI UTILAJE FOLOSITE LA LUCRĂRI SUBACVATICE

1. SCULE, UNELTE ŞI INSTRUMENTE ACŢIONATE MANUAL 2
1.1. Scule şi unelte pentru tăiere sub apă: fierăstraie manuale, dălţi, pile, raşpele şi raşchete 2
1.2. Scule şi unelte pentru găurire şi alezare sub apă: maşini manuale de găurit, burghie, alezoare şi manivele pentru alezoare 6
1.3. Scule şi unelte pentru filetare sub apă: tarozi, filiere, manivele pentru tarozi şi portfiliere 8
1.4. Scule şi unelte pentru înşurubare sub apă: şurubelniţe, chei, capete de chei şi accesorii 12
1.5. Instrumente pentru măsurare sub apă: compase, calibre, şublere, rigle, echere, raportoare şi şabloane 13
1.6. Scule pentru trasare sub apă: ace de trasare şi punctatoare 16
1.7. Alte scule folosite la lucrări subacvatice: ciocane şi cleşti 16

2. UNELTE ACŢIONATE MECANIC 18
2.1. Unelte acţionate pneumatic 18
2.1.1. Unelte pneumatice rotative 19
2.1.2. Unelte pneumatice percutante 21
2.2. Unelte acţionate hidraulic 24
2.2.1. Unelte hidraulice rotative 24
2.2.2. Unelte hidraulice perforatoare 24
2.2.3. Principiul de funcţionare al uneltelor rotative şi perforatoare 25
2.2.4. Alte unelte hidraulice 28
2.3. Prezenţa factorului uman la utilizarea uneltelor acţionate mecanic 33

3. PARÂME, CABLURI, LANŢURI ŞI ACCESORII ALE ACESTORA 34
3.1. Parâme vegetale şi sintetice 34
3.1.1. Caracteristici ale parâmelor vegetale şi sintetice 35
3.1.2. Tipuri de parâme vegetale şi sintetice 35
3.1.3. Pregătirea parâmelor vegetale şi sintetice pentru lucru prin bandule, patronări, legături, noduri, matiseli şi înfăşurări 36
3.1.4. Întreţinerea şi conservarea parâmelor vegetale şi sintetice 45
3.2. Parâme metalice din sârmă de oţel 46
3.2.1. Grosimea parâmelor metalice 46
3.2.2. Tipuri de parâme metalice 47
3.2.3. Pregătirea parâmelor metalice pentru lucru prin patronări şi matisiri ... 48
3.2.4. Întreţinerea şi conservarea parâmelor metalice 57
3.2.5. Comparaţie între parâmele vegetale şi sintetice şi parâmele metalice 59
3.3. Lanţuri 60
3.4. Accesorii: chei de împreunare, întinzătoare, cârlige, inele, ochiuri, zbiruri, boţuri, vinciuri spaniole 61

4. MACARALE, PALANCURI ŞI VINCIURI 66
4.1. Macarale. Tipuri de macarale 66
4.2. Palancuri. Clasificarea palancurilor 67
4.2.1. Condiţii de echilibru ale palancurilor 70
4.2.2. Calculul practic al palancurilor 71
4.3. Vinciuri 72
4.4. Codul de semnalizare la operaţiunile de ridicare 72

Partea a doua. OPERAŢII DE TĂIERE ŞI SUDARE EXECUTATE DE SCAFANDRI

5. TĂIEREA SUBACVATICĂ 75
5.1. Tăierea subacvatică mecanică 75
5.2. Tăierea subacvatică termică 76
5.2.1. Tăierea oxi gaz 76
5.2.1.1. Tăierea oxiacetilenică 77
5.2.1.2. Tăierea cu gaze naturale 80
5.2.1.3. Tăierea oxihidrică 81
5.2.1.4. Caracteristici tehnice ale tăierii oxi-gaz 87
5.2.2. Tăierea oxielectrică 90
5.2.2.1. Tăierea oxi-arc cu electrozi tubulari 90
5.2.2.2. Tăierea cu lance termică 103
5.2.3. Tăierea electrică cu electrozi înveliţi 105
5.3. Alte procedee de tăiere subacvatică cu arie restrânsă de aplicare 107
5.3.1. Tăierea cu jet de apă şi material abraziv 107
5.3.2. Tăierea subacvatică cu plasmă 113
5.3.3. Tăierea subacvatică cu jet de electroni 115
5.3.4. Tăierea subacvatică cu sârmă tubulară 115
5.3.5. Tăierea subacvatică cu sârmă plină şi jet de apă sub presiune 115
5.3.6. Tăierea subacvatică cu electrozi din cărbune şi jet de apă 115
5.3.7. Tăierea subacvatică cu amestec de oxidanţi pe bază de fluor 116
5.4. Prezenţa factorului uman la tăierea subacvatic subacvatică 117

6. SUDAREA SUBACVATICĂ 121
6.1. Sudarea în mediu umed (în apă) 122
6.1.1. Particularităţi ale sudării în mediu umed 122
6.1.1.1. Terminologie specifică 122
6.1.1.2. Tipuri de îmbinări sudate 123
6.1.1.3. Stabilitatea arcului electric 127
6.1.2. Echipamente de sudură 129
6.1.2.1. Sursă de curent electric 131
6.1.2.2. Cabluri electrice 132
6.1.2.3. Electrozi 133
6.1.2.4. Portelectrozi 134
6.1.2.5. Accesorii 135
6.1.3. Efectuarea sudării subacvatice în mediu umed (în apă) 136
6.2. Sudarea în mediu uscat 138
6.2.1. Sudarea în mediu uscat în condiţii hiperbare 139
6.2.1.1. Sudarea WIG/TIG în condiţii hiperbare 140
6.2.1.2. Sudarea MIG în condiţii hiperbare 141
6.2.1.3. Sudarea cu electrozi înveliţi în condiţii hiperbare 142
6.2.1.4. Sârme electrod şi gaze de protecţie 143
6.2.1.5. Efectuarea sudării în mediu uscat în condiţi hiperbare 146
6.2.2. Sudarea în mediu uscat în condiţii hiperbare, efectuată în minihabitat 151
6.2.3. Sudarea în mediu uscat efectuată la presiunea atmosferică 152
6.2.4. Sudarea cu uscare locală 153
6.3. Procedee de sudare subacvatică cu arie restrânsă de aplicare 154
6.3.1. Sudarea subacvatică sub strat de flux 154
6.3.2. Sudarea subacvatică cu plasmă 155
6.3.3. Sudarea subacvatică prin frecare 155

6.3.4. Sudarea subacvatică a bolţurilor 155
6.4. Prezenţa factorului uman la sudarea subacvatică 157
6.4.1. Influenţa curentului electric asupra scafandrului sudor 159
6.4.2. Prescripţii R.N.R. privind sudarea subacvatică cu electrozi înveliţi. Condiţii generale 161
6.4.3. Norme de tehnica securităţii muncii specifice activităţilor de sudare sub apă 161
6.5. Defecte ale îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică 162
6.5.1. Clasificarea defectelor aferente îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică 162
6.5.1.1. Defectele de structură ale îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică 162
6.5.1.2. Defecte de formă ale îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică 164
6.5.2. Controlul îmbinărilor sudate sub apă 164

Anexe 166

Bibliografie 169

Partea întâi.

SCULE, UNELTE, INSTRUMENTE, INSTALAȚII ŞI UTILAJE FOLOSITE LA LUCRĂRI SUBACVATICE

1.

SCULE, UNELTE ŞI INSTRUMENTE ACȚIONATE MANUAL

În aproape toate lucrările tehnice executate sub apă, scafandrii utilizează un număr mare de scule, unelte şi instrumente acționate manual.

Cunoaşterea tipurilor de scule, unelte şi instrumente acționate manual, ca şi corecta lor folosire şi întreținere, prezintă o deosebită importanță pentru scafandri în vederea efectuării diverselor lucrări subacvatice.

Sculele, uneltele şi instrumentele acționate manual, utilizate de către scafandri în cadrul diverselor lucrări tehnice subacvatice reprezintă, în cvasitotalitatea lor, sculele, uneltele şi instrumentele utilizate şi pe uscat, în ateliere mecanice, singurele deosebiri constând doar în modificări aduse în vederea asigurării unei manipulări cât mai comode în condițiile de lucru sub apă.

Sculele şi uneltele acționate manual pot fi împărțite în mai multe categorii după cum urmează:

- *scule şi unelte pentru tăiere sub apă* (fierăstraie manuale, dălți, pile, raşpele şi raşchete);
- *scule şi unelte pentru găurire şi alezare sub apă* (maşini manuale de găurit, burghie, alezoare şi manivele pentru alezoare);
- *scule şi unelte pentru filetare sub apă* (tarozi, filiere, manivele pentru tarozi şi portfiliere);
- *scule şi unelte pentru înşurubare sub apă* (şurubelnițe, chei, capete de chei şi accesorii);
- *scule pentru trasare sub apă* (ace de trasat şi punctatoare);
- *alte scule folosite la lucrări subacvatice* (ciocane, cleşti, discuri abrazive pentru debitat şi perii din sârmă de oțel).

Pentru efectuarea de diferite măsurători sub apă se folosesc diverse instrumente pentru măsurare manevrate manual cum ar fi compase de interior şi exterior, calibre, şublere, rigle, echere, raportoare şi şabloane.

1.1. SCULE ŞI UNELTE PENTRU TĂIERE SUB APĂ: FIERĂSTRAIE MANUALE, DĂLȚI, PILE, RAŞPELE ŞI RAŞCHETE

Principalele scule utilizate de către scafandri pentru tăiere sub apă sunt fierăstraiele manuale, dălțile, pilele, raşpelele şi raşchetele.

a. **Fierăstraie manuale**

Fierăstraiele acţionate manual pot fi utilizate sub apă atât pentru tăierea pieselor din lemn cât şi a pieselor din metal.

Principiul de funcţionare al oricărui tip de fierăstrău este acelaşi, la alegerea lui ţinându-se cont de materialul din care este confecţionată pânza din oţel şi de pasul dinţilor sau numărul de dinţi pe unitatea de lungime.

La alegerea tipului de fierăstrău trebuie avut în vedere tipul lucrării care trebuie efectuată.

Fierăstrăul de mână pentru tăiat lemn (fig. 1.1) are lungimea de 715 mm, lăţimea de 160 mm şi greutatea de 0,35 kg, fiind folosit pentru tăierea materialului lemnos sub apă şi are un număr de 20 sau 48 de dinţi pe o lungime de 100 mm de pânză.

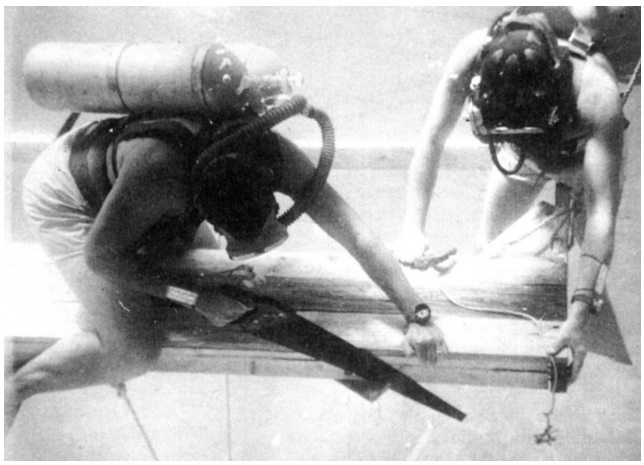


Fig. 1.1. Scafandru utilizând un fierăstrău de mână pentru tăiat lemn.

Dacă materialul lemnos este mai tare, se poate utiliza joagărul care are o lungime a pânzei de oţel de 1050 mm, lăţimea de 80 mm, greutatea de 1,3 kg şi un număr de 12...16 dinţi pe 100 mm lungime de pânză.

Fierăstrăul de mână şi joagărul sunt executate din pânză de oţel şi trebuie păstrate în permanenţă gata de a fi folosite, ascuţite şi cu dinţii ceaprazuiţi. Pentru a le feri de rugină, pânzele fierăstraielor se şterg cu cârpe impregnate în ulei.

Fierăstrăul de mână pentru tăiat metal (bomfaierul) este utilizat pentru efectuarea de tăieri de mici dimensiuni. Majoritatea acestora sunt prevăzute cu o ramă din metal care la capătul dinspre mâner are un cui, iar la celălalt capăt o piuliţă fluture pentru întinderea pânzei din oţel. Pânzele din oţel pot fi de 250 mm sau 350 mm lungime şi pot fi fixate în ramă vertical sau la 90^0. Pânzele sunt confecţionate din oţel carbon sau oţel rapid având partea tăietoare întărită.

Alegerea tipului de pînză din oţel depinde de tipul lucrării care trebuie executată şi de tipul metalului de tăiat, astfel:

- pentru oţel moale se alege pânză de bomfaier cu pasul de 1,5 mm;
- pentru alamă, cupru şi fier forjat se alege pânză de bomfaier cu pasul de 1 mm;
- pentru oţel inoxidabil şi bare din oţel forjat se alege pânză de bomfaier cu pasul de 0,75 mm;
- pentru tablă subţire, oţel, cupru şi tubulatură se alege pânză de bomfaier cu pasul de 0,75 mm.

În timpul executării tăierii pânza din oțel trebuie să fie bine fixată şi întinsă numai cu mâna. Ritmul de tăiere trebuie să fie de 45…50 treceri pe minut. Pânza din oțel se poate rupe în special datorită unor factori cum ar fi: ritmul de tăiere prea rapid sau neregulat, forța de apăsare prea mare, întinderea insuficientă a pânzei din oțel, îndoirea pânzei în timpul tăierii, îndoirea pânzei datorită unei tăieri neregulate, fixarea necorespunzătoare a obiectului de tăiat etc.

b. **Dălți**

Dălțile reprezintă nişte scule de mână importante pentru scafandru şi pot fi de mai multe tipuri: late, în cruce şi semirotunde.

Dălțile sunt fabricate din oțel de scule. În funcție de tipul metalului care trebuie lucrat dălțile trebuie poziționate într-un anumit unghi şi anume: pentru oțel moale 55^0, pentru fier forjat 60^0, pentru oțel forjat 65^0, pentru alamă 50^0 şi pentru cupru 45^0.

Dălțile plate sunt folosite în general pentru diverse lucrări de tăiere, dălțile în cruce se folosesc pentru lărgirea unor spații, iar dălțile semirotunde sunt utilizate la corectarea unei găuri incorect începută cu burghiul.

c. **Pile şi raşpele**

Pilele şi *raşpelele* sunt, de asemenea, scule pentru tăiere prevăzute cu o serie de dinți aranjați în mod neregulat la un unghi de 55^0 sau 60^0. Pilele sau raşpelele care au dinții aranjați într-o singură direcție se numesc simplu danturate, iar cele ale căror dinți sunt aranjați în două direcții se numesc dublu danturate. Dinții celor simplu danturate au un unghi de 45^0 cu suprafața, iar dinții celui de-al doilea rând al celor dublu danturate au un unghi de 70^0 cu suprafața.

În funcție de tipul dinților, pila poate fi: aspră, bastard, semifină şi fină.

Dintre cele mai importante pile utilizate în lucrul sub apă pot fi menționate:

- *pila lată la vârf* care este tipul de pilă cel mai utilizat în lucrări sub apă. Ambele fețe sunt dublu danturate, iar o margine este simplu danturată, cealaltă fiind nedanturată;
- *pila lată ascuțită* care spre deosebire de pila lată la vârf, este dreaptă 2/3 din lungime, după care se îngustează. Ambele fețe sunt dublu danturate, iar ambele margini sunt simplu danturate;
- *pila lată* care este asemănătoare cu pila lată la vârf, dar având o lățime mai mică;
- *pila pătrată* care este dreaptă 2/3 din lungime după care se îngustează. Ambele fețe şi margini sunt dublu danturate;
- *pila rotundă* care, ca şi pila pătrată, este dreaptă 2/3 din lungime după care se îngustează. Pilele rotunde cu o lungime mai mare de 150 mm de tipul aspră şi bartard sunt, de obicei, dublu danturate. Pilele cu o lungime mai mică de 150 mm de tipul aspră, bastard şi semifină, sunt simplu danturate;
- *pila semirotundă* care, în mod similar cu pila rotundă, este dreaptă 2/3 din lungime apoi este mai îngustă. Fața plată a acestei pile este dublu danturată, iar fața rotundă este simplu danturată la tipurile fină şi semifină şi dublu danturată la celelalte tipuri;

– *pila triunghiulară* care se îngustează de asemenea la capăt, având toate cele trei feţele dublu danturate. Toate pilele sunt fabricate din oţel aliat cu siliciu, mangan şi crom.

Raşpelele sunt folosite pentru îndepărtarea unor cantităţi mai mari de material deoarece sunt prevăzute cu dinţi mai rari şi mai aspri decât pilele.

Raşpelele sunt folosite pentru prelucrarea de materiale moi aşa cum sunt metalele neferoase, lemnul, PVC-ul şi alte materiale nemetalice.

Pilele şi raşpelele nu trebuie să fie folosite fără mâner deoarece există riscul producerii unor accidente. Atunci când sunt folosite, dinţii pilelor trebuie să fie îndreptaţi în partea opusă scafandrului folosindu-se o mişcare de împingere şi ţinând pila cu ambele mâini într-un unghi drept.

Folosirea în mod incorect a unei pile aspre pe o suprafaţă moale, duce atât la umplerea dinţilor pilei cu material cât şi la deteriorarea suprafeţei obiectului de prelucrat. În acest caz, pila trebuie curăţată cu o perie specială prevăzută cu dinţi foarte scurţi. După întrebuinţare, pilele trebuie curăţate cu o astfel de perie sub un jet de apă curată, suflate cu un jet de aer, iar apoi unse uşor cu ulei. Nu se recomandă folosirea unui ulei prea vâscos deoarece acesta, uscându-se, duce la umplerea dinţilor cu material când pila este din nou folosită. Dacă s-au tocit, pilele nu se pot ascuţi, ci trebuie înlocuite.

Pilele sunt fabricate din materiale dure, fiind casante datorită tratamentului termic la care au fost supuse. De aceea, pilele nu trebuie aruncate, supuse îndoirii sau bătute cu ciocanul.

d. **Raşchete**

Raşchetele sau *răzuitorii* sunt utilizate la lucrări sub apă de curăţare a bordajului navelor sau acolo unde nu este necesară îndepărtarea unei cantităţi mari de material depus cum ar fi lucrările de curăţire la arborele port elice, buloane etc.

Raşcheta poate fi dreaptă, încovoiată sau de iaht (fig. 1.2).

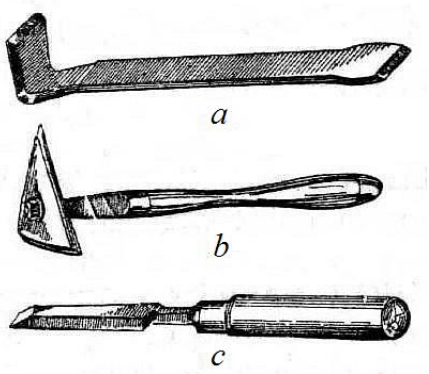


Fig. 1.2. Tipuri de raşchete utilizate la lucrări subacvatice:
a – raşchetă încovoiată;
b – raşchetă de iaht;
c – raşchetă dreaptă.

Raşcheta dreaptă este asemănătoare unei pile late, având însă capătul prelucrat mai ascuţit, pentru a îndepărta cantităţi mici de depuneri de pe suprafeţe plate, permiţând o prelucrare fină. Raşcheta dreaptă poate fi confecţionată prin polizarea capătului unei pile tocite.

1.2. SCULE ŞI UNELTE PENTRU GĂURIRE ŞI ALEZARE SUB APĂ: MAŞINI MANUALE DE GĂURIT, BURGHIE, ALEZOARE ŞI MANIVELE PENTRU ALEZOARE

Sculele şi uneltele pentru găurire sunt scule şi unelte care, de obicei, sunt folosite de către scafandri numai la acele lucrări care necesită executarea de găuri cu diametrul de până la 12 mm, în material metalic sau în lemn. Evident, în anumite condiţii, pot fi executate şi găuri cu diametre mai mari.

O unealtă pentru găurire acţionată manual este *coarba* ce poate fi utilizată de către scafandri în acelaşi mod ca în lucrările simple de tâmplărie. Coarba se foloseşte pentru executarea de găuri în lemn cu diametre de până la 8 mm.

Pentru executarea de găuri în metal se poate utiliza atât coarba pentru găuri cu diametre de până la 8 mm, precum şi *maşini de găurit manual cu angrenaje* de roţi dinţate. Acest tip de maşini este prevăzut cu un dispozitiv special de apăsare şi menţinere în poziţie cu pieptul şi cu o manivelă de acţionare. Mişcarea de rotaţie a burghiului este obţinută prin intermediul unui angrenaj de roţi dinţate conice care realizează amplificarea turaţiei până la 300 rot/min, scafandrul folosind pentru poziţionare şi acţionare ambele mâini.

La aceste unelte manuale pentru găurire, se pot utiliza drept scule burghie elicoidale cu coada cilindrică şi de mărime mică. După întrebuinţarea în apă, uneltele şi sculele de găurit trebuie spălate cu apă dulce curată, uscate şi apoi unse pentru păstrare.

În continuare sunt prezentate cele mai importante scule utilizate sub apă pentru găurire şi alezare şi anume burghiele şi respectiv alezoarele.

a. Burghie

Burghiele sunt scule din oţel de formă elicoidală cu vârful şi muchiile ascuţite care, prin rotire, execută găurirea materialelor.

Burghiul elicoidal (fig. 1.3) este format dintr-o tijă cilindrică, pe care sunt executate două canale elicoidale care servesc la evacuarea aşchiilor metalice şi la formarea muchiilor aşchietoare. Partea din burghiu pe care sunt executate canalele elicoidale se numeşte partea utilă şi este terminată la capăt cu un vârf conic, ce formează partea aşchietoare a burghiului.

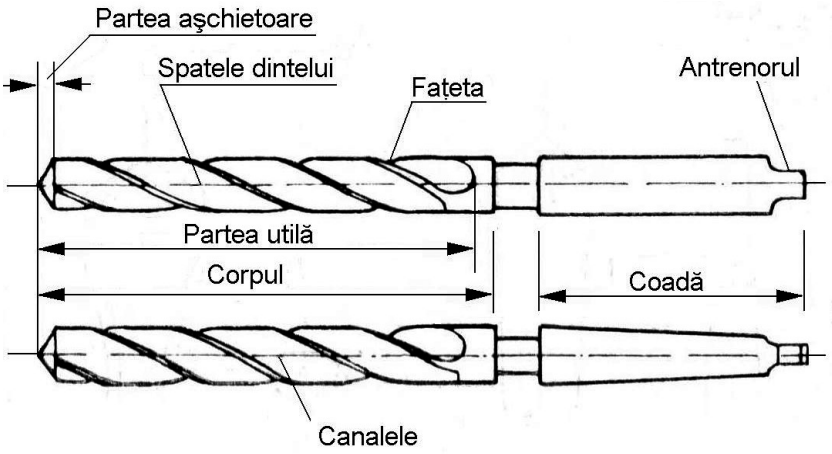


Fig. 1.3. Părţile componente ale unui burghiu elicoidal.

Burghiele elicoidale se pot clasifica funcție de tipul părții de care se fixează numita coadă astfel (fig. 1.4): burghiu cu coadă conică, burghiu cu coadă cilindrică şi burghiu scurt cu coadă cilindrică.

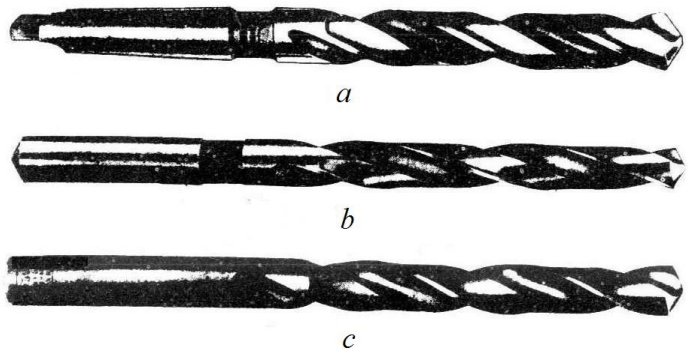


Fig. 1.4. Tipuri de burghie elicoidale utilizate sub apă: *a* – burghiu cu coadă conică; *b* – burghiu cu coadă cilindrică; *c*- burghiu scurt cu coadă cilindrică.

Burghiele elicoidale cu coadă conică au coada îngustată la partea inferioară, terminându-se printr-o teşitură numită antrenor cu care burghiul se fixează în mandrina maşinii de găurit. Unele burghie cu coadă conică de mărime mai mică, nu se pot fixa în mandrine de dimensiuni mari şi de aceea este nevoie să se folosească un adaptor special numit con morse pentru fixarea burghiului în mandrină. Burghiele elicoidale cu coadă conică, o dată fixate în adaptorul mandrinei, pot fi scoase lovind uşor mandrina cu un ciocan.

Burghiele elicoidale cu coadă cilindrică sunt burghie care se fabrică într-o gamă mai mare de dimensiuni, atât ca lungime cât şi ca diametru. Burghiele cu diametru de peste 12 mm se utilizează pentru uneltele de găurire mecanice, acționate pneumatic sau hidraulic (v. Cap. 2).

Burghiele elicoidale scurte cu coadă cilindrică sunt fabricate, în general, cu diametre de până la 12 mm, iar peste această dimensiune măsurile cresc din 5 în 5 mm. Acest tip de burghiu este mai scurt decât celelalte două tipuri, având o lungime de maximum 100 mm.

Se mai fabrică şi unele tipuri speciale de burghie cu o lungime de 152 mm numite *burghie elicoidale extralungi cu coadă cilindrică*.

Mărimea burghiului este marcată de obicei pe coada acestuia însă, datorită folosirii, numerele se pot şterge devenind neinteligibile.

Toate tipurile de burghie sunt fabricate din oțel carbon sau din oțel rapid. Burghiele fabricate din oțel carbon au un preț de cost mai scăzut.

Burghiele fabricate din oțel rapid au un preț de cost mai ridicat, dar pot fi utilizate la o viteză de rotație mai mare, fără a se toci mai mult. Acestea prezintă însă dezavantajul că sunt fragile şi se pot rupe uşor dacă sunt supuse îndoirii sau lovirii.

Canelurile burghiului sunt, prin fabricație, răsucite spre dreapta astfel că, împreună cu rotația tot spre dreapta a uneltei de găurire, materialul îndepărtat este împins în sus, afară din gaură. În acelaşi timp spiralele burghiului permit pătrunderea lubrifiantului, care în cazul lucrărilor subacvatice este apa, în gaură, în timpul operației de găurire.

Cu timpul, datorită utilizării lor, burghiele se tocesc la vârf, rezultând în urma operației de găurire o gaură de mărime mai mare decât cea necesară şi un timp mai îndelungat de lucru. De aceea burghiele trebuie ascuțite prin polizare. Este necesar ca scafandrii să poată recunoşte când un burghiu este tocit şi necesită să fie polizat.

În timpul găuririi, piesa care urmează a fi prelucrată este fixă, iar burghiul execută o mişcare combinată compusă dintr-o mişcare de rotație, care constituie mişcarea principală de aşchiere şi o mişcare de translație, care constituie mişcarea de avans.

Pentru micşorarea frecării dintre suprafața laterală a burghiului şi peretele găurii, şi pentru centrarea burghiului, suprafața laterală este prevăzută cu fațete.

Unghiul de vârf dintre muchiile aşchietoare (tăişurile principale) se alege în funcție de felul materialului care se prelucrează şi anume: pentru materiale moi de $80^0...90^0$, pentru oțel de $116^0...118^0$, iar pentru materiale foarte dure la $130^0...190^0$.

Dacă polizarea burghiului a fost executată corect, tăişul transversal trebuie să se afle chiar în centru, iar muchiile aşchietoare egale.

Greşelile de polizare ale burghiului cel mai des întâlnite sunt: muchiile aşchietoare inegale, unghiurile muchiilor aşchietoare inegale, precum şi o combinație a acestora. În aceste cazuri, atunci când se efectuează o găurire cu burghie incorect polizate, gaura va prezenta un diametru mai mare.

b. **Alezoare**

Alezoarele sunt scule acționate manual utilizate pentru a finisa sau a mări uşor diametrul unei găuri deja executate. Alezoarele pot fi de mai multe tipuri (fig. 1.5): de mână, lungi de maşină cu coadă conică, conice şi de maşină cu coadă conică.

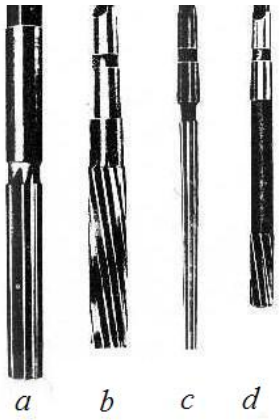


Fig. 1.5. Tipuri de alezoare utilizate sub apă:
a – alezor de mână;
b – alezor lung de maşină cu coadă conică;
c – alezor conic;
d – alezor de maşină cu coadă conică.

Dintre acestea, tipurile care pot fi utilizate mai des de către scafandri la lucrările subacvatice sunt *alezoarele de mână* şi *alezoarele conice*.

Alezoarele se utilizează cu ajutorul unei unelte acționată manual numită manivelă în care se fixează cu antrenorul prevăzut la capăt. Coada alezorului este de dimensiuni ceva mai mici decât canelurile cu câteva sutimi de milimetru, astfel încât cantitatea de metal îndepărtată este foarte mică, corespunzătoare unei corecții de aproximativ 0,25 mm. Pentru degajarea unor suprafețe mai mari de metal, se folosesc alezoare de degroşare şi de finisare.

După întrebuințarea lor la lucrări subacvatice, burghiele şi alezoarele se spală cu apă dulce curată şi apoi se ung cu ulei.

1.3. SCULE ŞI UNELTE PENTRU FILETARE SUB APĂ: TAROZI, FILIERE, MANIVELE PENTRU TAROZI ŞI PORTFILIERE

Principalele scule utilizate de către scafandri la filetare sub apă sunt tarozii şi filierele. Acestea pot fi acţionate cu ajutorul unor unelte de prindere şi manevrare a acestora numite manivele pentru tarozi şi portfiliere.

a. Tarozi

Tarozii sunt scule aşchietoare acţionate manual utilizate pentru executarea filetelor interioare. Tarozii sunt acţionaţi cu ajutorul unei *manivele*.

Partea aşchietoare (activă) a tarodului, numită con de atac, este de formă tronconică, pentru a uşura introducerea acestuia în gaura de filet.

Partea de calibrare serveşte la ghidarea tarodului în timpul filetării şi la calibrarea găurii filetate, iar capul pătrat la fixarea tarodului în timpul filetării manuale într-o manivelă cu gaură pătrată.

Canalele au rolul de a evacua aşchiile metalului şi de a forma muchiile aşchietoare. Tarozii de mână folosiţi la filetarea manuală sunt fabricaţi şi folosiţi în seturi de câte două bucăţi, pentru executarea filetului metric fin şi a filetului pentru ţeavă sau în seturi de câte trei bucăţi pentru executarea filetului metric şi a filetului în ţoli, respectiv un tarod de degroşare, unul mediu şi altul de finisare (fig. 1.6).

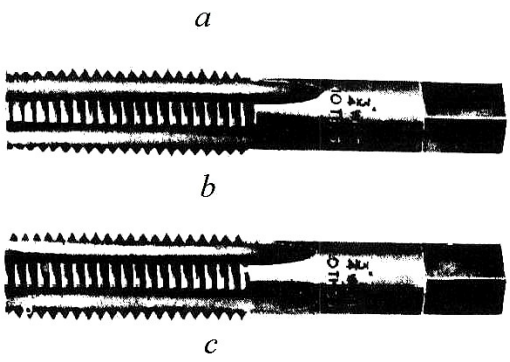


Fig. 1.6. Tipuri de tarozi utilizaţi sub apă:
a – tarod de degroşare;
b – tarod mediu;
c – tarod de finisare.

Înainte de efectuarea operaţiei de filetare interioară este indicat să se teşească muchia găurii şi să se verifice diametrul acesteia. Gaura pentru filet trebuie să aibă un diametru mai mic decât diametrul exterior al filetului piesei de înfiletat cu până la 1,5 mm.

Pentru filetarea interioară se utilizează tarozii în următoarea ordine (pentru setul cu trei tarozi): întâi tarodul de degroşare, apoi tarodul mediu şi la urmă tarodul de finisare.

În timpul filetării tarodul trebuie să fie poziţionat coaxial cu alezajul de filetat. Cu ajutorul manivelei scafandrul roteşte tarodul în sensul de aşchiere şi se apasă uşor numai la primele spire; după una sau două rotaţii se execută 1/2 rotaţie în sens invers pentru sfărâmarea aşchiilor metalice. Filetul se execută cu toată seria de tarozi pentru a se evita ruperea acestora şi obţinerea unei calităţi necorespunzătoare a flancurilor filetului.

b. **Filiere**

Filierele sunt scule aşchietoare utilizate la filetarea exterioară. Filierele sunt formate dintr-un inel întreg sau spintecat prevăzut cu un filet interior cu elemente tăietoare.

În funcţie de forma lor, filierele pot fi rotunde, pătrate sau hexagonale (fig. 1.7).

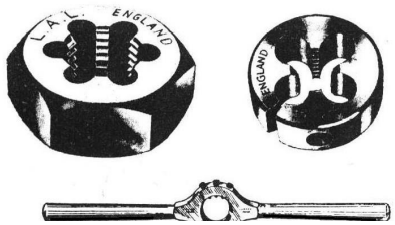


Fig. 1.7. Filieră hexagonală, filieră rotundă şi portfilieră folosite la lucrări efectuate sub apă.

Bacurile de filetat montate în dispozitive speciale cu acţionare manuală se numesc *clupe*. Filierele formate dintr-un inel întreg sunt rigide, execută un filet curat, însă se uzează repede. Filierele cu inel spintecat permit modificarea diametrului cu 0,1...0,25 mm putând fi utilizate la mai multe treceri, permiţând astfel micşorarea efortului de aşchiere.

Filierele rotunde, pentru a fi acţionate manual, se fixează în unelte specializate numite *portfiliere*.

Filetarea exterioară se execută într-un mod similar filetării interioare. În timpul efectuării unei filetări exterioare, filiera trebuie poziţionată de asemenea în poziţie coaxială cu piesa de filetat. În timpul filetării scafandrul execută o mişcare a filierei combinată, formată dintr-o mişcare de rotaţie şi una de translaţie.

c. **Elementele geometrice ale filetului**

Filetele se deosebesc între ele prin caracteristicile constructive şi prin valorile elementelor geometrice dintre care cele principale sunt (fig. 1.8):

- *unghiul profilului* α, cuprins între flancurile consecutive ale filetului, măsurat în planul axial al piesei;
- *pasul filetului* p, reprezentând distanţa măsurată pe o paralelă la axa filetului dintre două puncte consecutive ale aceleiaşi spirale;
- *diametrul exterior*, notat cu d la şuruburi şi cu D la piuliţe, care este distanţa dintre vârfurile filetului la şuruburi sau dintre fundurile filetului la piuliţe, măsurată perpendicular pe axa filetului.

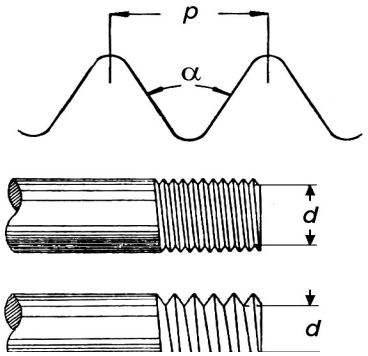


Fig. 1.8. Principalele elemente geometrice ale filetului:
α – unghiul profilului;
p – pasul filetului;
d – diametrul exterior.

Filetele pot fi clasificate după domeniul de utilizare sau după rolul funcţional astfel: de fixare (de strângere), de strângere-etanşare, de mişcare, de măsurare etc. Înşurubarea filetului poate fi de dreapta sau de stânga.

Filetul metric (fig. 1.9) are un profil triunghiular echilateral cu $\alpha = 60^0$. Înălțimea teoretică $H = 0{,}866\, p$, unde p este pasul filetului. *Filetul în inch* (whitworth) (fig. 1.10) are profilul în formă de triunghi isoscel cu $\alpha = 55^0$ şi se indică numărul de paşi pe inch $z = 25{,}4 / p$, unde pasul filetului p este în mm.

În țara noastră se foloseşte filetul metric. Filetul în inch este folosit numai la fabricarea pieselor de schimb pentru utilaje din import, sau la utilaje noi, acolo unde folosirea filetului metric este imposibilă.

După tipul profilului, filetele se pot clasifica în filete triunghiulare (cel mai des utilizate), pătrate, trapezoidale, dinți de fierăstrău, rotunde şi conice.

Pentru determinarea pasului unui filet necunoscut, se utilizează şabloane pentru filet (lere de filet). Trusele de şabloane pentru filet, pot fi pentru filete metrice sau pentru filete în inch.

După întrebuințarea lor la lucrări subacvatice, tarozii şi filierele se spală cu apă dulce curată şi apoi se ung cu ulei.

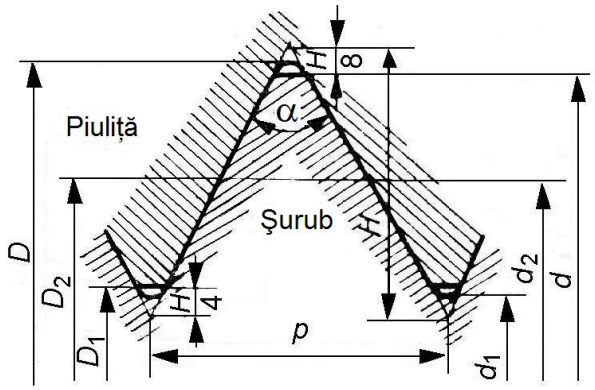


Fig. 1.9. Filet metric.

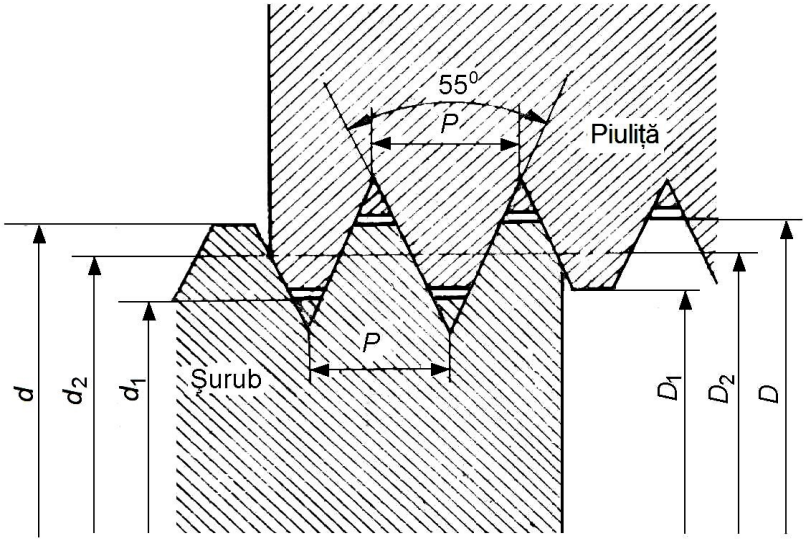


Fig. 1.10. Filet în inch (whitworth).

1.4. SCULE ŞI UNELTE PENTRU ÎNŞURUBARE SUB APĂ: ŞURUBELNIȚE, CHEI, CAPETE DE CHEI ŞI ACCESORII

Cele mai utilizate scule pentru executarea de asamblări demontabile sub apă cu scafandri sunt şurubelnițele şi cheile.

a. **Şurubelnițe**

Şurubelnițele pot fi plate (de uz general) sau în cruce. Datorită faptului că şurubelnițele sunt folosite intens şi în general în mod abuziv nu numai sub apă dar şi la suprafață, şurubelnițele trebuie prevăzute cu un mâner solid din material sintetic.

Este important ca vârful şurubelniței să fie menținut corespunzător pentru a se fixa în mod adecvat în crestătura şurubului.

După folosire sub apă, şurubelnițele trebuie spălate cu apă dulce curată, uscate şi apoi unse cu ulei pentru păstrare. Şurubelnițele utilizate la lucrări executate sub apă trebuie prevăzute, la mâner, cu o gaură cu diametrul de 6 mm prin care se trece o saulă ce se fixează de mâna scafandrului pentru a se preveni scăparea lor accidentală.

b. **Chei**

Cheile sunt scule utilizate pentru executarea de îmbinări demontabile sub apă şi pot fi de trei tipuri: fixe, inelare şi combinate.

Cheile fixe sunt de obicei duble având mărimi diferite la capete, iar cele simple (numai la un capăt) sunt chei speciale.

Cheile inelare sunt mult mai rezistente decât cheile fixe, fixându-se mai bine de piuliță sau şurub. De asemenea sunt mai rezistente la loviri.

Cheile inelare pot fi chei inelare decupate (permițând astfel o mai bună fixare a unei piulițe aflată de exemplu la capătul unui ax), chei inelare de şoc şi chei inelare dublu cotite (fig. 1.11).

Alte tipuri de chei sunt cheile reglabile cu rolă, cheile reglabile cu levier, cheile franceze şi cheile pentru țevi (fig. 1.12).

Fig. 1.11. Scafandru utilizând o cheie inelară.

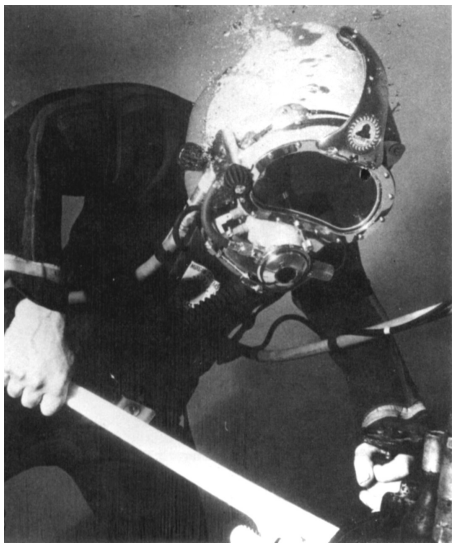


Fig. 1.12. Scafandru utilizând o cheie pentru țevi.

Este importantă folosirea mărimii corespunzătoare de cheie, în caz contrar piulița sau şurubul se vor deteriora făcând imposibilă utilizarea în continuare a cheii şi necesitatea tăierii lor. Dacă cheia este forțată prin lovirea cu un ciocan aceasta se va deteriora nemaiputând fi utilizată pentru marimea inițială.

Cheile sunt fabricate din oțel forjat şi au marcate pe una din fețe mărimea respectivă.

c. Capete de chei şi accesorii

Capetele de chei pot fi furnizate în seturi de la dimensiuni mici până la 50 mm. Cele de dimensiuni mici (chei tubulare) sunt fabricate din oțel moale, iar cele de dimensiuni mari sunt fabricate din oțel forjat. Capetele de chei sunt marcate cu mărimea corespunzătoare şi sunt de preferat cheilor, deoarece oferă o forță mai mare de lucru, fără a deteriora piulița sau şurubul.

Accesoriile cuprinse într-un set cu capete de chei pot fi *antrenori*, *prelungitori*, *adaptori* şi *reducții.*

După utilizare sub apă, cheile, capetele de chei precum şi accesoriile se spală cu apă dulce curată, se usucă şi apoi se ung cu ulei pentru păstrare.

1.5. INSTRUMENTE PENTRU MĂSURARE SUB APĂ: COMPASE, CALIBRE, ŞUBLERE, RIGLE, ECHERE, RAPORTOARE ŞI ŞABLOANE

Principalele instrumente utilizate de către scafandri pentru efectuarea de diverse măsurători sub apă sunt compasele, calibrele, şublerele, riglele, echerele, raportoarele şi şabloanele.

a. Compase de măsură

Compasele de măsură (fig. 1.13) sunt scule ideale pentru utilizare sub apă, cu mențiunea că scafandrul trebuie să trimită compasul la suprafață spre a fi măsurată deschiderea pe o riglă gradată.

Atunci când se determină diametrul exterior, picioarele compasului trebuie îndepărtate puțin peste mărimea obiectului de măsurat, apoi un picior este uşor lovit cu o mână până când cele două picioare ale compasului sunt în contact cu obiectul. Contactul nu trebuie să fie forțat, deoarece poate da o citire incorectă atunci când sunt îndepărtate de obiect. La suprafață, compasul este pus pe o riglă gradată, cu un picior atingând rigla la exterior, iar cu celălalt picior citindu-se mărimea.

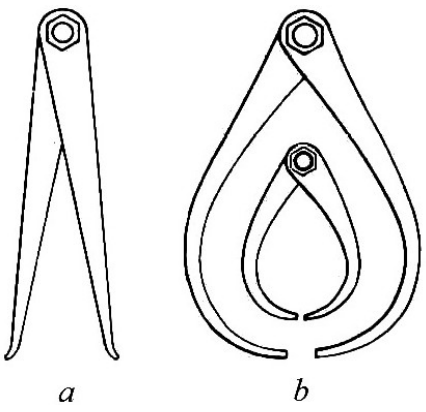


Fig. 1.13. Compase de măsură folosite sub apă:
a – compas pentru interior;
b – compase pentru exterior.

b. **Calibre**

Calibrele (fig. 1.14) sunt instrumente de măsurat terminale adică fără repere şi pot fi netede, de interstiţii, inel şi tampon.

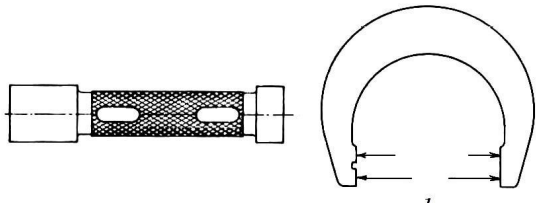


Fig. 1.14. Calibre netede utilizate sub apă: *a* – calibru tampon; *b* – calibru potcoavă.

Calibrele netede sunt mijloace de verificat terminale cu ajutorul cărora se stabileşte dacă o piesă (alezaj sau arbore) se află sau nu în câmpul de toleranţă. Calibrele pot fi de două tipuri: pentru verificarea alezajelor (calibre tampon) şi pentru verificarea arborilor (calibre potcoavă şi calibre inel). Calibrele au două părţi: partea "TRECE" (T) şi partea "NU TRECE" (NT).

Partea "NU TRECE" are o lungime mai redusă decât partea "TRECE". Calibrele tampon se verifică cu mijloace optice de măsurare, calibrele potcoavă cu cele plan-paralele, iar calibrele inel cu contracalibre.

Calibrele de interstiţii sunt măsuri terminale sub formă de lance cu feţele plan-paralele, utilizate la verificarea dimensiunilor inaccesibile altor mijloace de măsurare. Mai multe calibre montate pe un ax comun formează o trusă, pe fiecare calibru fiind înscrisă valoarea. Dimensiunile se verifică prin introducerea calibrelor cu joc alunecător între suprafeţele care se controlează.

Calibrele inel şi tampon filetate sunt utilizate pentru controlul filetelor şi sunt prevăzute cu două părţi: partea "TRECE" (T) şi partea "NU TRECE" (NT). Pentru verificarea filetului interior se utilizează calibrele tampon filetate, iar pentru verificarea filetului exterior se utilizează calibrele inel filetate.

La controlul filetelor se urmăreşte calitatea suprafeţelor prelucrate precum şi respectarea dimensiunilor geometrice principale ale filetului adică diametrul mediu, pasul şi unghiul flancurilor.

c. **Şublere**

După destinaţia lor, *şublerele* pot fi de mai multe tipuri: de adâncime, de lungime, de exterior şi de interior şi de trasare. Dintre acestea cele mai utilizate pentru lucrări tehnice sub apă sunt şublerele de adâncime şi cele pentru lungime (fig. 1.15). Şublerele de interior şi de exterior pot fi înlocuite cu compasul de interior şi de exterior. Şublerele de adâncime sunt utilizate sub apă pentru măsurarea adâncimilor canalelor, găurilor înfundate, pragurilor etc.

Şublerele de lungime sunt instrumente de măsurat prevăzute cu scară şi vernier. *Vernierul* este o scară ajutătoare executată pe cursorul şublerului, acesta putându-se deplasa în faţa riglei gradate. Rigla este gradată în mm, iar vernierul este gradat în funcţie de precizia de măsurare a şublerului. Citirea dimensiunii măsurate cu şublerul se face astfel: la numărul de mm de pe rigla gradată depăşiţi de reperul zero de pe vernier, se adaugă o fracţiune observându-se a câta diviziune de pe vernier se aliniază cu una din diviziunile de pe rigla şublerului care se înmulţeşte cu precizia de măsurare a şublerului. Gradarea vernierului este făcută astfel încât să uşureze citirea fracţiunii de milimetru indicată de vernier.

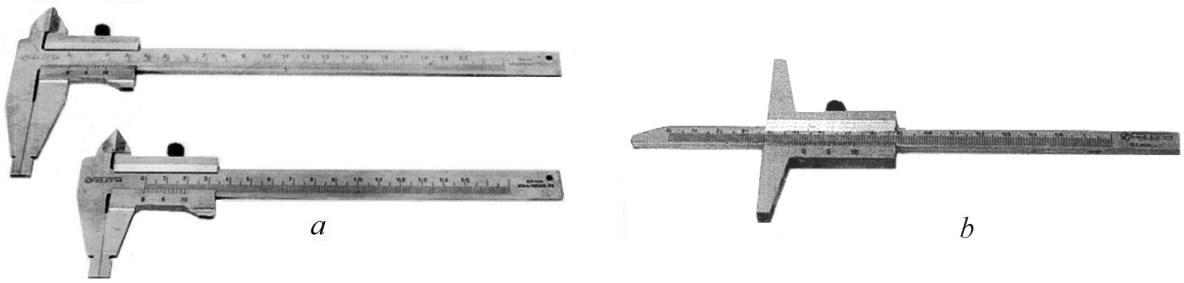


Fig. 1.15. Şublere utilizate sub apă:
a – şublere de interior şi exterior; *b* – şubler de adâncime.

d. **Rigle gradate**

Riglele gradate se utilizează la măsurarea lungimilor unor obiecte aflate sub apă. Din punct de vedere constructiv, riglele gradate pot fi rigide sau flexibile (ruleta).

Tot pentru măsurarea lungimii, scafandrul mai poate utiliza şi o saulă pe care face un nod la distanța corespunzătoare lungimii respective. Distanța este citită apoi la suprafață pe o riglă gradată.

e. **Echere**

Echerele sunt instrumente de verificat unghiuri. Echerele se execută cu unghiuri active de 45^0, 60^0, 90^0 şi 120^0. Cele mai folosite sunt echerele cu unghiuri active de 90^0.

f. **Raportoare**

Raportoarele sunt instrumente de măsurare directă a unghiurilor. Pentru măsurările sub apă, se utilizează în principal raportorul mecanic (universal).

Raportorul universal este folosit pentru măsurarea unghiurilor exterioare în intervalul $0^0...320^0$ şi a unghiurilor interioare în intervalul $40^0...180^0$. Principiul constructiv al vernierului circular este identic cu cel al vernierului liniar de la şubler. La 29^0 de pe sectorul gradat corespund 30 de dimensiuni pe vernier. Citirea se face în mod asemănător ca la şubler. În dreptul reperului zero de pe vernier se citesc gradele, iar în dreptul reperului de pe vernier, care se aliniază cu un reper de pe scara gradată, în grade, se citesc minutele. Una din suprafețele măsurătoare este pe rigla fixă, iar a doua pe rigla mobilă, echer sau lama mobilă.

g. **Şabloane**

Şabloanele sunt instrumente de verificat, executate din tablă, având diferite profile în funcție de piesele care se controlează şi pot fi:

- *şabloane pentru verificarea razelor* care sunt dispuse în truse, putând fi utilizate la o gamă variată de valori ale razelor;
- *şabloane pentru filete* care servesc la determinarea pasului filetelor. Trusele de şabloane pentru filet sau lere de filet pot fi pentru filete metrice cât şi în țoli (whitworth).

1.6. SCULE PENTRU TRASARE SUB APĂ: ACE DE TRASARE ŞI PUNCTATOARE

Trasarea se execută cu ajutorul *acului de trasat*, iar liniile obținute se pot însemna apoi cu *punctatorul*.

a. Ace de trasat

Acele de trasat sunt confecționate din oțel şi pot avea lungimea de 200...300 mm şi grosimea de 3...4 mm. La mijloc sunt prevăzute cu un manşon de prindere. Unul dintre vârfuri este îndoit pentru trasarea în interiorul golurilor.

b. Punctatoare

Punctatoarele se utilizează pentru marcarea centrelor găurilor şi pentru marcarea prin puncte a liniilor trasate pe piese ce constituie liniile de prelucrare. Punctatoarele au vârful ascuțit la 60^0.

După utilizarea sub apă, toate instrumentele pentru măsurare şi trasare se spală cu apă dulce curată, se usucă şi apoi se ung cu ulei pentru păstrare.

1.7. ALTE SCULE FOLOSITE LA LUCRĂRI SUBACVATICE: CIOCANE ŞI CLEŞTI

În afară de sculele prezentate în paragrafele precedente, la lucrările subacvatice se mai utilizează şi alte scule aşa cum sunt ciocanele şi cleştii.

a. Ciocane

Ciocanele (fig. 1.16) sunt scule manuale utilizate foarte des de către scafandri în cadrul diferitelor lucrări subacvatice. Pentru utilizarea sub apă, cele mai potrivite sunt ciocanele executate de obicei în trei mărimi şi anume 250 g, 500 g şi 1000 g, fabricate din oțel de calitate, cu coada din lemn de corn, carpen sau fag fiert. Nu se recomandă utilizarea unor ciocane cu greutate mai mare de 3 kg datorită rezistenței la înaintare crescute a cozii lungi a acestora la manevrarea lor sub apă.

Fig. 1.16. Scafandru utilizând ciocanul la o lucrare sub apă.

b. **Cleşti**

Cleştii sunt scule acționate manual ce se utilizează sub apă pentru diferite operații simple din cadrul unor lucrări subacvatice. După tipul de operații subacvatice la care sunt utilizați, cleştii pot fi: cleşte menghină pentru susținerea fixă a unei piulițe, şurub, ax, țeavă, cleşte pentru tăiat buloane, cleşte pentru tăiat lanțuri şi parâme metalice (fig. 1.17), cleşte rapid pentru axe sau țevi, cleşte cu gura la 45^0, 52^0 sau 90^0 şi cleşte cu lanț.

De asemenea, în categoria sculelor utilizate pentru efectuarea de diverse operații subacvatice, mai pot fi incluse şi discurile abrazive pentru debitare şi periile din sârmă de oțel.

Fig. 1.17. Cleşte pentru tăiat lanțuri şi parâme metalice sub apă.

2.

UNELTE ACȚIONATE MECANIC

Majoritatea uneltelor acționate mecanic (pneumatice sau hidraulice) utilizate la suprafață pot fi folosite, cu unele adaptări, şi de către scafandri la efectuarea de lucrări tehnice sub apă. Există însă şi unelte acționate mecanic special concepute numai pentru utilizare subacvatică.

Uneltele acționate mecanic utilizate la efectuarea de lucrări subacvatice pot fi de două tipuri: unelte acționate pneumatic şi unelte acționate hidraulic.

2.1. UNELTE ACȚIONATE PNEUMATIC

Uneltele acționate pneumatic reprezintă uneltele utilizate pentru lucrul sub apă care, pentru a fi acționate, folosesc aerul comprimat furnizat de un compresor aflat la suprafață. Uneltele pneumatice sunt utilizate pentru diverse lucrări sub apă, până la adâncimea de aproximativ 45 m. Pentru o funcționare corectă, uneltele trebuie alimentate la o presiune egală cu suma dintre presiunea normală de funcționare şi presiunea exterioară a apei.

Uneltele pneumatice necesită un debit relativ mare de aer furnizat la presiune medie. Un compresor utilizat pentru furnizarea de aer comprimat la uneltele pneumatice este cel prezentat în figura 2.1.

Fig. 2.1. Compresor de aer de medie presiune utilizat pentru alimentarea cu aer comprimat a uneltelor pneumatice folosite la lucrări subacvatice.

În general, sursa de acționare pneumatică o reprezintă un compresor de aer mobil, cu piston, care furnizează aer comprimat la o presiune de maximum 10 bar (sc.man.), la un debit de 10…13 m^3/min, suficient pentru alimentarea simultană a mai multor unelte.

Pentru stabilirea debitului compresorului se întocmeşte o diagramă a debitului necesar în funcţie de timp. Din această diagramă se determină debitul mediu Q_m. Trasarea unei astfel de diagrame este dificilă şi de aceea, în cele mai multe cazuri, debitul mediu se stabileşte cu ajutorul coeficientului de utilizare φ care este un coeficient de corelaţie în funcţie de numărul de unelte pneumatice racordate la recipientul compresorului.

Debitul compresorului se stabileşte la o valoare cu 50% mai mare decât debitul mediu pentru a se asigura acoperirea debitului de aer comprimat crescut cauzat de uneltele uzate, pentru a oferi posibilitatea creşterii ulterioare a numărului de unelte pneumatice racordate la compresor şi pentru acoperirea pierderilor de aer din reţeaua de distribuţie:

$$Q_c = 1{,}5\,Q_m = 1{,}5 \times \varphi \times Q_{\max},$$

unde Q_c este debitul de aer furnizat de compresor, $Q_{\max}$ debitul de aer maxim de consum, iar φ coeficientul de utilizare al compresorului care este o cifră de corelaţie în funcţie de numărul de unelte racordate la compresor.

Aerul comprimat este furnizat către unealta pneumatică printr-un furtun flexibil din cauciuc.

Acest furtun este alcătuit dintr-un număr de furtunuri cu o lungime fixă de 15 m, cu un diametru exterior de aproximativ 50 mm şi prevăzute cu piese de cuplare rapidă la ambele capete. Aceste cuple rapide au la interior o garnitură pentru etanşare (fig. 2.2). Pentru obţinerea lungimii de furtun dorite, se cuplează mai multe furtunuri cu lungimi de 15 m fiecare.

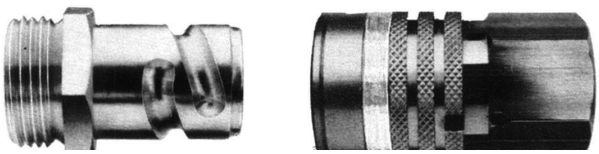


Fig. 2.2. Cuplaj rapid pentru îmbinarea furtunurilor de alimentare cu aer comprimat a uneltelor pneumatice utilizate sub apă.

Uneltele acţionate pneumatic pot fi: *unelte pneumatice rotative* şi *unelte pneumatice percutante* sau *rotopercutante*.

2.1.1. Unelte pneumatice rotative

Uneltele pneumatice rotative pot fi funcţie de scula fixată la unealta rotativă: unelte de găurire, unelte de curăţare cu perii rotative, unelte de tăiere cu discuri abrazive, unelte de polizare, unelte de înşurubare etc. (fig. 2.3).

Aerul comprimat furnizat de compresor trece printr-o serie de regulatoare de presiune şi robinete către un rotor care realizează mişcarea de rotaţie, trecând apoi prin supapa de ieşire (fig. 2.4).

Cu o unealtă de găurit acţionată pneumatic la care sunt fixate burghie, se pot realiza sub apă găuri cu diametre de până la 50 mm. Turaţia burghiului poate fi modificată prin variaţia cantităţii de aer comprimat cu care este alimentată unealta. În afară de burghie, şurubelniţe şi pietre de polizor, se mai pot fixa la uneltele pneumatice rotative şi discuri abrazive pentru tăiere şi perii din sârmă de oţel pentru curăţare.

Fig. 2.3. Diferite tipuri de unelte pneumatice rotative utilizate de către scafandri.

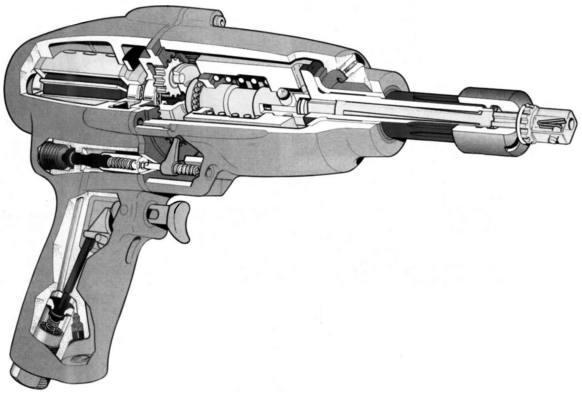


Fig. 2.4. Schemă funcțională a unei unelte pneumatice rotative folosită la lucrări subacvatice.

Discurile abrazive pentru debitare sunt utilizate pentru tăierea diferitelor obiecte submerse cum ar fi conducte, cabluri, lanțuri, arbori, buloane etc. Discurile abrazive se fixează pe o unealtă specializată în lucrări subacvatice, acționată pneumatic sau hidraulic. Discurile abrazive pentru debitare sunt securizate cu o țesătură din fibră de sticlă în interior sau cu două țesături în exterior (fig. 2.5). Diametrul discurilor abrazive poate fi cuprins între 115 mm şi 400 mm, iar abrazivul din care sunt fabricate poate fi electrocorindon (pentru oțeluri speciale, inoxidabile şi fonte) sau carbură de siliciu (pentru metale neferoase). Grosimea metalului care poate fi tăiat cu discul abraziv este de maximum 40...50 mm.

Fig. 2.5. Discuri abrazive pentru debitare sub apă.

Discurile abrazive de debitare sunt impregnate din fabricație cu diverse adezive care îşi pot pierde calitățile (chiar degrada) datorită utilizării sub apă. Din acest motiv se recomandă ca discurile abrazive pentru debitare, deja folosite, să fie înlocuite cu altele noi, pentru o nouă utilizare.

Periile din sârmă de oțel sunt utilizate, în general, pentru operațiile subacvatice de curățare fină a suprafețelor metalice de depuneri marine şi în special a îmbinărilor sudate ce urmează să fie supuse unui control nedestructiv (NDT). Cele mai potrivite perii pentru astfel de operații subacvatice sunt periile în formă de cupă (fig. 2.6). Acestea se fixează într-o unealtă acționată pneumatic sau hidraulic.

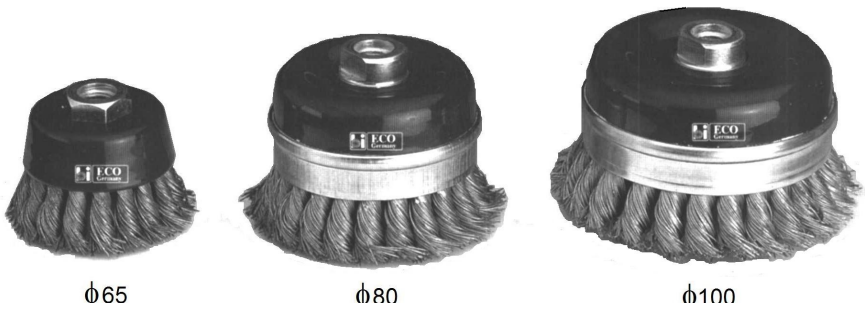


Fig. 2.6. Perii din sârmă de oțel pentru operații subacvatice de curățare.

2.1.2. Unelte pneumatice percutante

Uneltele pneumatice percutante sau *rotopercutante* au o acțiune de perforare şi pot fi: ciocane percutoare sau picamere, dălți mecanice pentru curățarea unor suprafețe (fig. 2.7) etc.

Mişcarea de perforare (percutantă sau rotopercutantă) este dată de aerul comprimat care pătrunde într-o carcasă acționând un piston care vibrează şi pune în mişcare unealta. Pe măsură ce pistonul se deplasează în jos, trece de o supapă de evacuare lăsând aerul să iasă în exterior, apoi se deplasează înapoi în sus, în carcasă, începând o nouă acțiune (fig. 2.8).

Fig. 2.7. Unelte pneumatice percutante.

Fig. 2.8. Schema funcțională a unei unelte pneumatice percutante.

Uneltele pneumatice percutante sau rotopercutante sunt de dimensiuni mai mari, deci mai grele, necesitând un efort mai mare din partea scafandrului. Sculele cu

care se execută percutarea, numite *şpiţuri*, pot avea diferite forme şi dimensiuni (fig. 2.9).

Fig. 2.9. Diferite tipuri de şpiţuri şi dălţi.

Pentru pornirea şi oprirea unei unelte pneumatice sub apă, atunci când este utilizată de către scafandru, există două metode:

– cu ajutorul unui robinet de închidere/deschidere situat la intrarea aerului în unealtă; această metodă prezintă dezavantajul că atunci când se opreşte alimentarea cu aer a uneltei, aerul rămas în interior va ieşi afară prin supapa de ieşire a uneltei permiţând apei să pătrundă în interior şi favorizând astfel coroziunea; metoda poate, de asemenea, conduce la o blocare a uneltei atunci când se reporneşte unealta deoarece aerul nu poate forţa apa să iasă afară din unealtă;

– cu ajutorul unui robinet de închidere/deschidere situat la ieşirea aerului din unealtă înlocuindu-l pe cel de la intrarea aerului (fig. 2.10); în felul acesta, se opreşte pătrunderea apei în interiorul uneltei, aerul fiind prezent tot timpul în interior.

Fig. 2.10. Unealtă pneumatică prevăzută cu robinet situat la intrarea aerului.

Fig. 2.11. Ungător în linie.

Când unealta pneumatică se află sub apă, ca şi scafandrul care o manevrează, este supusă presiunii apei. Evacuarea aerului dintr-o unealtă pneumatică este deschisă în exterior, spre apă, ceea ce face ca, o dată cu creşterea presiunii apei, randamentul uneltei să scadă. În acest caz se conectează la ieşirea aerului din unealtă un furtun

transmis apoi până la suprafață. Presiunea de la ieşirea aerului este redusă, reducându-se efectul de contrapresiune al apei şi mărind astfel randamentul uneltei. De asemenea, absența bulelor de aer lângă scafandru reduce nivelul de zgomot îmbunătățind comunicațiile radio.

Datorită utilizării sub apă, uneltele pneumatice necesită o lubrifiere efectuată fie cu intermitență dar în mod regulat, fie în mod continuu. Lubrifierea se poate realiza prin următoarele metode:

- *Lubrifiere de la compresor.* Unele compresoare sunt prevăzute cu posibilitatea lubrifierii aerului înainte ca acesta să iasă din compresor. Aceasta se realizează cu ajutorul unei site de filtrare peste care trece aerul. Trebuie avut în vedere ca aceasta să fie lubrifiată în permanență.
- *Lubrifiere prin ungător în linie* (fig. 2.11). Acesta este un dispozitiv care este cuplat cu un furtun la compresor şi cu un alt furtun la unelta pneumatică, asigurându-se o injecție de ulei la începutul fiecărui ciclu pneumatic. Şi acesta trebuie să fie în permanență lubrifiat.
- *Lubrifiere prin ungerea uneltei pneumatice.* Unele tipuri de unelte pneumatice sunt prevăzute cu un orificiu special conceput pentru ungere, prin care se toarnă ulei (fig. 2.12). În acest mod, se realizează injecția de ulei pentru lubrifierea uneltei la începutul fiecărui ciclu pneumatic.
- *Lubrifiere prin scoaterea din apă a uneltei pneumatice*. După ce aceasta a fost scoasă din apă, se închide alimentarea cu aer de la compresor şi se deconectează furtunul de aer de la compresor. Se toarnă aproximativ 280 ml de ulei uzat sau motorină pe furtun către unealtă. Se reconectează furtunul de aer la compresor. Se deschide alimentarea cu aer, operând unealta timp de 10…20 secunde, înainte de a o trimite din nou scafandrului sub apă, pentru a se asigura că uleiul sau motorina nu a blocat unealta. Această operațiune trebuie efectuată cel puțin la fiecare 45 de minute de folosire a uneltei pneumatice sub apă, cât şi la încheierea zilei de lucru.

Fig. 2.12. Orificiu pentru ungerea uneltei.

De asemenea, în cazul utilizării uneltelor pneumatice sub apă la temperaturi scăzute (în timpul iernii), se recomandă folosirea unui dozator de alcool. Acest element se montează în rețea imediat după compresor şi are sarcina de a proteja uneltele de înghețul apărut în urma condensului. Dozatorul de alcool asigură ca în

aerul comprimat să ajungă o cantitate de alcool suficientă pentru a preveni înghețarea apei din rețea sau din unealtă. Pentru 1 m^3_N de aer comprimat la presiunea de 6 bar (sc. man.), cantitatea de alcool eliberată de dozator este de maximum 8 picături. Se poate utiliza numai alcool cu conținut de apă mai mic de 0,5%.

Dozatorul de alcool se plasează imediat după compresor deoarece aici aerul comprimat este suficient de cald pentru ca picăturile de alcool să se evapore. Pe măsură ce trece prin rețea, aerul comprimat cu conținut de alcool se răceşte şi apa se separă din el, nemaiputând să înghețe pentru că o dată cu apa se separă şi alcoolul. Nu se recomandă turnarea de alcool direct în unealtă, datorită cantității prea mari ce conduce la spălarea lubrifiantului din unealtă.

După întrebuințare sub apă, uneltele pneumatice se spală cu apă dulce, curată şi se ung cu ulei. Se verifică furtunurile şi garniturile cuplelor rapide.

2.2. UNELTE ACȚIONATE HIDRAULIC

Uneltele acționate hidraulic sunt superioare uneltelor acționate pneumatic din următoarele motive:

- au puteri mai mari de lucru;
- sunt multifuncționale şi necesită mai puține operațiuni de întreținere. Datorită faptului că uneltele hidraulice funcționează în circuit închis, au o durată de funcționare mai mare, iar întreținerea lor constă numai din curățire la exterior şi lubrifiere;
- asigură un control al turației şi al puterii de acționare;
- adâncimea de lucru a uneltelor hidraulice este mult mai mare decât cea a uneltelor pneumatice (aproximativ 150 m, în cazul în care pompa hidraulică este situată la suprafață);
- nu produc bule de aer care obstrucționează vizibilitatea scafandrului;
- sunt mai silențioase.

Uneltele acționate hidraulic pot fi, ca şi cele acționate pneumatic, de mai multe tipuri prezentate pe scurt în continuare.

2.2.1. Unelte hidraulice rotative

Uneltele hidraulice rotative, în funcție de utilizarea lor, pot fi: unelte de găurire, unelte de polizare, chei cu şocuri, unelte pentru tăiere (fierăstraie mecanice) etc. (fig. 2.13).

2.2.2. Unelte hidraulice perforatoare

Unelte hidraulice perforatoare au o acțiune de perforare sau de secționare şi pot fi: ciocane perforatoare, ciocane vibratoare (dălți mecanice), foarfece-ghilotină pentru tăiat parâme metalice sau lanțuri (fig. 2.14).

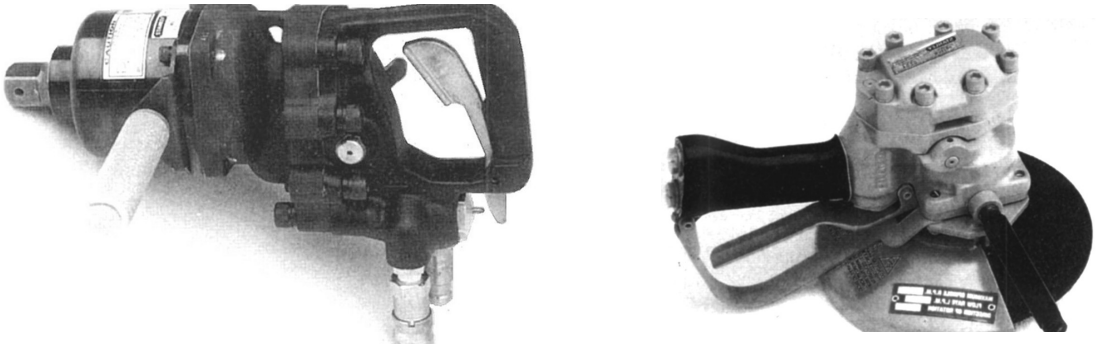


Fig. 2.13. Diferite tipuri de unelte hidraulice rotative.

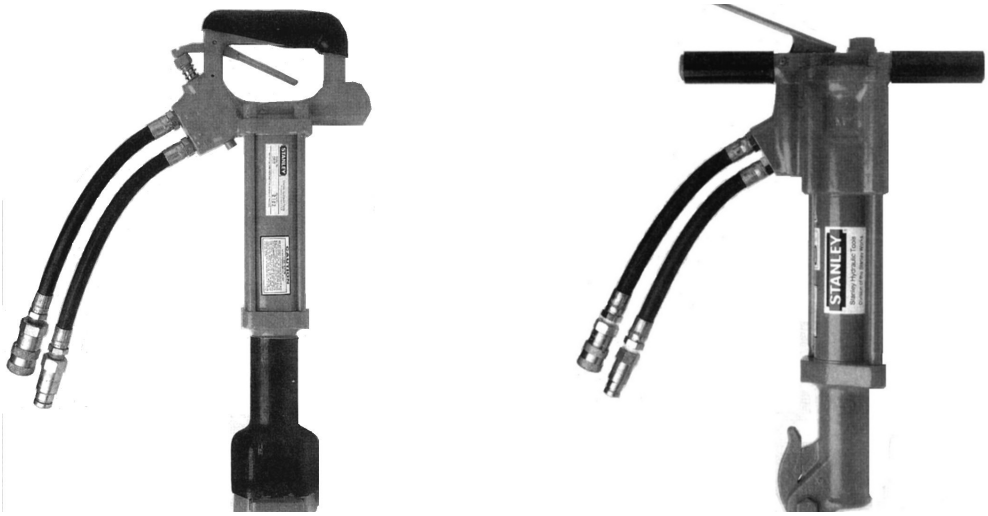


Fig. 2.14. Tipuri de unelte hidraulice perforatoare.

2.2.3. Principiul de funcționare al uneltelor hidraulice rotative şi perforatoare

Pentru lucrul sub apă la adâncimi mici, principiul de funcționare al uneltelor hidraulice este asemănător celui al uneltelor pneumatice. Aerul este înlocuit cu un ulei special pompat la presiune printr-un furtun flexibil de la o pompă hidraulică care poate fi acționată mecanic, prin intermediul unui motor termic sau electric (fig. 2.15).

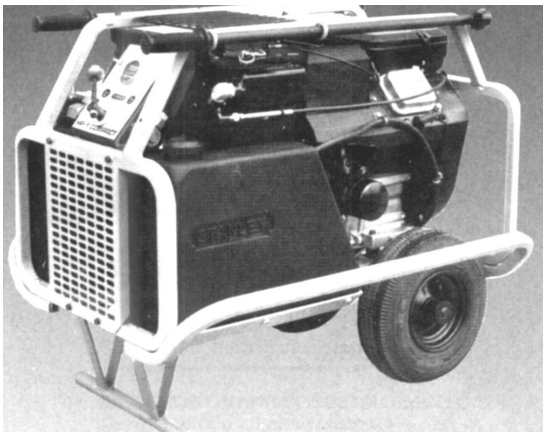


Fig. 2.15. Centrală hidraulică de suprafață pentru unelte acționate hidraulic.

Uleiul hidraulic utilizat poate fi conform STAS 9691-80, STAS 9506-84 sau STAS 12023-80.

În timpul funcţionării uneltelor hidraulice, o cantitate însemnată din energia lichidului se disipează datorită frecărilor (pierderile de sarcină), conducând la o scădere a presiunii uleiului în lungul conductelor, furtunurilor şi armăturilor din sistem.

La lucrările subacvatice efectuate la adâncimi mici, pierderea de presiune nu este însemnată, pompa fiind capabilă să furnizeze întreaga presiune necesară constând din presiunea la consumator plus pierderea de presiune de pe traseu. La lucrările efectuate la adâncimi mari, datorită lungimii mari a furtunurilor, pierderea de presiune este importantă ducând la micşorarea randamentului de funcţionare a uneltei. Pentru micşorarea pierderilor de presiune şi mărirea randamentului uneltei se utilizează centrala hidraulică (fig. 2.16).

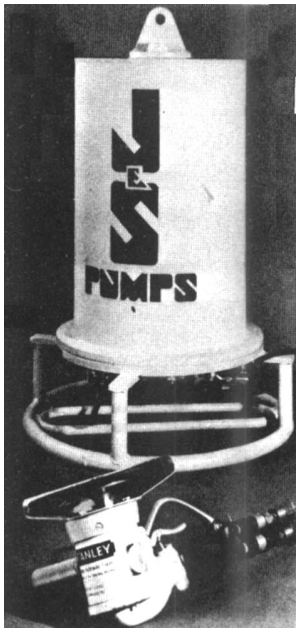


Fig. 2.16. Centrală hidraulică submersibilă.

Acesta este un sistem emers format din motor electric de antrenare, pompă, distribuitoare, racorduri şi conducte, fiind utilizat pentru crearea unei presiuni suficient de ridicate a uleiului în vederea acţionării optime a uneltei hidraulice. Motorul electric al centralei hidraulice poate fi alimentat cu energie electrică prin cablu, direct de la suprafaţă, sau prin intermediul turelei de scufundare în cazul unei scufundări de sistem. În felul acesta, lungimea furtunului hidraulic de alimentare a uneltei este menţinută la o valoare minimă, reducând la minimum posibil pierderile de sarcină din sistem.

Pierderile de sarcină datorate frecării în furtunurile de alimentare a uneltelor hidraulice pot fi reduse şi prin folosirea unui furtun de întoarcere a uleiului hidraulic având un diametru mai mare decât al celui de alimentare, ştiut fiind faptul că pierderea de sarcină este invers proporţională cu diametrul la puterea a cincea pentru pierderile liniare şi la puterea a patra pentru pierderile locale. Este necesar ca presiunea de lucru a pompei hidraulice să fie corespunzătoare lungimilor şi diametrelor furtunurilor, astfel ca presiunea furnizată de pompă să asigure presiunea de lucru a uneltei şi să compenseze pierderile de presiune din sistem. În cazul în care se utilizează furtunuri

cu o lungime mai mică, supapa de siguranță a pompei hidraulice trebuie reglată la o presiune mai joasă, pentru a preveni crearea unei suprapresiuni la unealtă.

Principiul de funcționare al unei pompe hidraulice aferentă unei centrale hidraulice este următorul (fig. 2.17): uleiul din rezervor este aspirat în pompă printr-un filtru grosier, apoi printr-un filtru fin (10 microni), presiunea fiind măsurată la un manometru de control, de unde uleiul este adus într-un acumulator; acesta este un mic rezervor din oțel, de înaltă presiune, prevăzut la interior cu un strat de neopren flexibil sub forma unui sac (burduf); spațiul dintre neopren şi peretele cilindrului este umplut cu azot la presiunea de 100 bar (sc. man.); uleiul hidraulic de înaltă presiune umple sacul comprimând azotul, iar mişcările burdufului absorb pulsațiile din curentul de ulei; în circuit mai este inclusă şi o supapă de siguranță pentru a limita presiunea maximă la o valoare admisă.

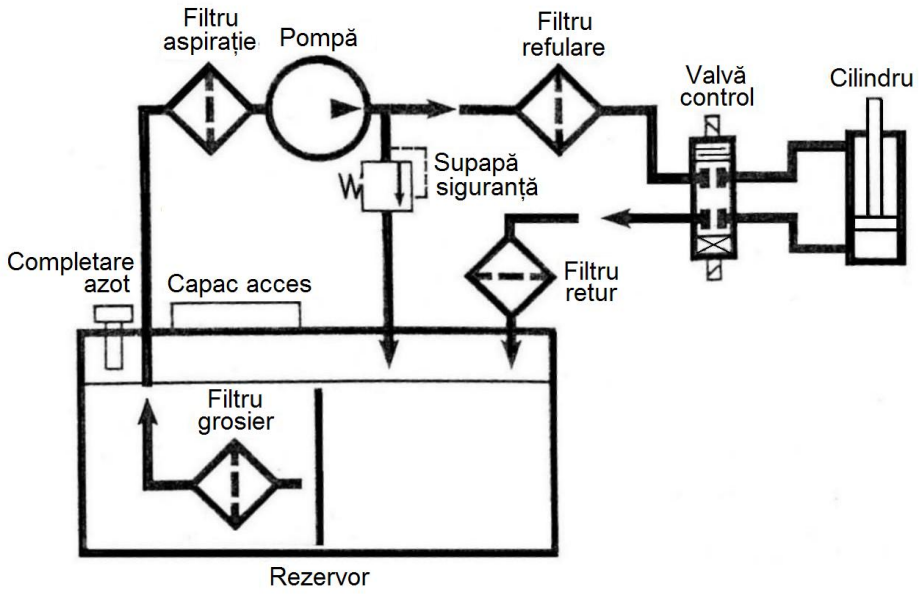


Fig. 2.17. Schema funcțională a unei centrale hidraulice.

Acumulatorul este echipat cu cuple rapide prevăzute cu supape uni-sens atât pentru cuplarea furtunurilor de distribuție cât şi pentru cuplarea furtunurilor de întoarcere a uleiului, celelalte capete ale furtunurilor conectându-se la uneltele hidraulice.

Întreținerea uneltelor hidraulice este necesară numai după ce au fost folosite sub apă deoarece ele sunt închise ermetic şi lubrifiate. Uneltele nu necesită desfacerea lor ci, înainte de a fi depozitate, necesită numai spălarea, ungerea cu ulei şi verificarea pentru identificarea eventualelor loviri la exterior.

Furtunurile necesită verificare pentru identificarea eventualelor loviri sau a unor eventuale uzuri. Cuplele rapide trebuie păstrate curate şi cu ulei protejându-le fie prin cuplare între ele, fie prin acoperire cu pungi din nylon.

Furtunurile şi uneltele au în permanență o cantitate apreciabilă de ulei în interior, datorită supapelor uni-sens ale cuplelor rapide.

Filtrul fin de 10 microni trebuie schimbat o dată pe an. În funcție de diametrul furtunului, pentru un acelaşi debit, pierderile de presiune pot fi următoarele: 0,226 bar/m pentru furtun de 3/4", 0,375 bar/m pentru furtun de 5/8" şi de 0,9 bar/m pentru furtun de 1/2".

Pentru pornirea şi oprirea pompei hidraulice se recomandă parcurgerea următoarelor etape:

a) Pentru pornirea pompei hidraulice:

- se verifică nivelul uleiului;
- se verifică nivelul combustibilului pentru pompa antrenată cu motor termic;
- se deschide supapa de ocolire;
- se porneşte motorul lăsându-se să se încălzească timp de 2...3 minute;
- se conectează unealta şi furtunurile;
- se închide supapa de ocolire; manometrul indică o presiune de 30...70 bar (sc.man.) datorită frecărilor din furtun.

În timpul funcționării uneltei hidraulice presiunea va creşte până la aproximativ 140 bar (sc. man.).

b) Pentru oprirea pompei hidraulice:

- se deschide supapa de ocolire;
- se deconectează furtunurile hidraulice şi unealta;
- se continuă funcționarea motorului încă 2...3 minute, dacă este posibil la jumătate de turație;
- se opreşte motorul.

2.2.4. Alte unelte hidraulice

În afară de uneltele hidraulice prezentate mai sus, mai există şi alte unelte hidraulice utilizate la lucrări subacvatice dintre care pot fi menționate următoarele: *brusch-cart-ul*, *lancea de apă de înaltă presiune, lancea de apă de joasă presiune* şi *cheia dinamometrică* acționată hidraulic.

a. **Brusch-cart-ul**

Brusch-cart-ul este o unealtă hidraulică utilizată sub apă la curățarea epibiozei de pe opera vie a navelor. Epibioza este formată din scoici care se prind de bordajul operei vii a navei formând un strat de depuneri care favorizează coroziunea şi măreşte rezistența la înaintare a navei. Acestea sunt insensibile la toxicitatea piturii antivegetative şi mor după 48 de ore în apă dulce, iar carapacea rămâne prinsă de carenă. Brusch-cart-ul este alcătuit dintr-un grup de perii rotative din sârmă de oțel acționate hidraulic (fig. 2.18), un sistem hidraulic pentru deplasarea lor pe carena navelor şi un aspirator pentru resturile desprinse. Brusch-cart-ul este conceput astfel încât să aibă o flotabilitate nulă sub apă şi să poată fi manevrat cu uşurință de către un singur scafandru (fig. 2.19). Un scafandru poate curăța cu un brusch-cart aproximativ 300 m^2/oră.

Fig. 2.18. Brush-cart.

Fig. 2.19. Scafandru utilizând un brush-cart.

b. **Lancea de apă de înaltă presiune**

Lancea de apă de înaltă presiune (fig. 2.20) este utilizată la diverse lucrări sub apă pentru îndepărtarea epibiozei de pe suprafețe metalice sau pentru curățirea până la metal alb în vederea unei inspecții ulterioare, prin control nedistructiv.

Fig. 2.20. Lance de apă de înaltă presiune.

Apa este furnizată de la suprafață prin intermediul unei pompe de înaltă presiune (700...1400 bar) aflată la suprafață (fig. 2.21). Apa la presiune înaltă este trimisă către lancea manevrată de către scafandru, rezultând un jet puternic şi compact de apă fiind lansat printr-o duză cu formă specială aflată la unul din capete (fig. 2.22).

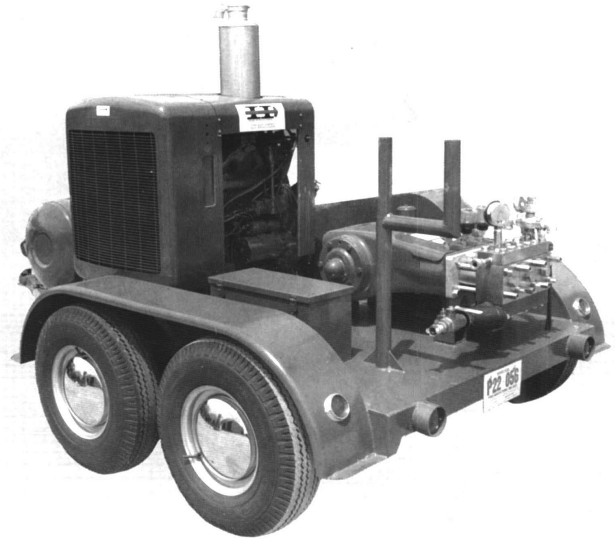


Fig. 2.21. Pompă de înaltă presiune.

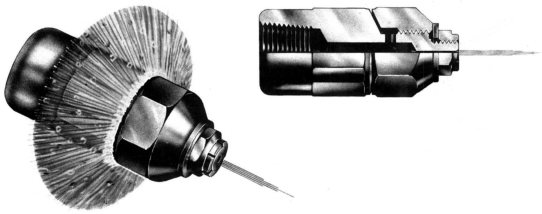


Fig. 2.22. Duză pentru lance de apă.

Pentru a contracara efectul puternic de recul al jetului de apă lancea este prevăzută fie cu o supapă de siguranță care scade presiunea jetului atunci când scafandrul opreşte lancea, fie cu refulare la partea opusă.

Randamentul lancei de apă poate depinde de o serie de factori cum ar fi:

- pierderea a 50% datorată jetului refulat;
- oboseala scafandrului datorată unei concentrări continue a acestuia pentru a evita o accidentare;
- posibila încurcare a furtunului scafandrului.

Datorită pierderii de 50% prin jetul refulat, pompele pentru lancea de apă de înaltă presiune sunt puternice având cel puțin 160 CP.

Funcționând la o presiune de 210 bar (sc. man.) cu lancea de apă de înaltă presiune se poate înlătura epibioza complet şi curăța până la metal alb, însă, pentru îndepărtarea materialului solid de pe cordoanele de sudură precum şi pentru a învinge contrapresiunea datorată creşterii adâncimii, presiunea necesară este mult superioară putând ajunge la aproximativ 1400 bar (sc. man.).

Un element important al lancei de apă de înaltă presiune îl constituie duza prin care este refulat jetul de apă. Cu cât orificiul acesteia este mai mic, cu atât jetul de apă are la ieşire o viteză mai mare şi deci o energie cinetică mai mare, fiind mai puternic, efectul de curățare fiind mai ridicat şi deci şi randamentul lancei de apă mai ridicat. În tabelul 2.1 se dau câteva criterii de alegere a duzei în funcție de diametrul orificiului acesteia, debitul de apă necesar, presiunea jetului de apă lansat din duză, precum şi puterea necesară pompei pentru a funcționa corespunzător.

Tabelul 2.1

Tabel cu diametrele orificiilor duzelor şi puterea pompelor pentru diferite debite de apă şi presiuni ale jetului de apă

Diametru orificiu duză [mm]	Debit apă [ℓ / min]	Presiunea jetului de apă [bar]	Putere pompă [CP]
3,15	566	140	23
2,75	481	185	27
2,36	439	245	30
1,97	354	350	37
1,57	283	560	47
1,3	241	700	55
1,18	212	840	60
0,78	142	1400	85

Se poate observa că pe măsură ce scade diametrul orificiului duzei, cu atât creşte presiunea jetului de apă al lancei.

Un alt element important îl constituie efectul de recul al jetului de apă şi al lancei pe care-l are asupra scafandrului. În tabelul 2.2 se dau câteva valori ale acestui efect şi forța de recul în kgf pe care scafandrul trebuie să o învingă, în funcție de presiunea jetului de apă şi diametrul orificiului duzei.

Utilizarea lancei de apă de înaltă presiune este o operațiune periculoasă pentru scafandru. De aceea, lancea de apă nu trebuie folosită în zona din imediata apropiere a suprafeței apei. De asemenea, menținerea în poziție deschisă a dispozitivului de pornire pentru perioade lungi de timp, duce la oboseala mâinii scafandrului.

Tabelul 2.2

Valorile forței de recul în kgf pentru lancea de apă funcție de diametrul orificiului duzei şi de presiunea jetului de apă

Diametru orificiu duză [mm]	Presiunea jetului de apă [bar]		
	140	350	840
1,18	147	53	23
1,57	83	30	13
1,97	53	19	8,5
2,36	37	13	6
2,75	27	10	4
3,15	21	7,5	3

c. Lancea de apă de joasă presiune

Lancea de apă de joasă presiune asigură un jet de apă fiind alimentată, prin intermediul unor furtunuri, de la o pompă de presiune mai joasă (circa 28 bar).

Lancea de apă de joasă presiune (fig. 2.23) este utilizată la diverse lucrări sub apă ca degajări şi decolmatări. Aceasta prezintă avantajul față de pompa gaz-lift că utilizând-o se poate tăia în terenul din fundul apei pentru realizarea unui şanț necesar îngropării unei conducte sau unui cablu submarin pozate pe fundul apei. Materialul degajat poate fi apoi înlăturat cu ajutorul unei pompe gaz-lift.

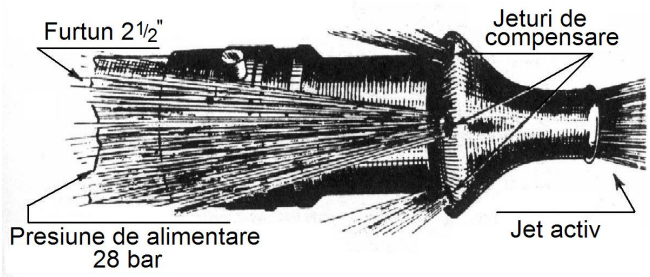


Fig. 2.23. Duză cu jeturi antirecul aferentă unei lănci de apă de joasă presiune.

Pompa de apă care alimentează lancea este o pompă de joasă presiune şi funcționează pe acelaşi principiu ca pompele utilizate de pompieri, dar având mărimi şi presiuni de lucru diferite (fig. 2.24). Cu cât debitul şi presiunea apei sunt mai mari, cu atât presiunea jetului de apă refulat de lance este mai mare. Pentru un randament mai mare, jetul de apă poate fi folosit în combinație cu aer, acesta ajutând la degajarea mai uşoară a materialului.

Pompele sunt clasificate după mărimea furtunului şi a capacităţii de pompare. Pompele produse la uzina "Timpuri Noi" sunt fie mobile, fie fixe şi pot livra debite de apă de 50...160 m^3/h la presiuni de 20...36 mH_2O.

Furtunurile de refulare sunt de două tipuri: cauciucate şi necauciucate. Acestea sunt confecţionate din fire de in, bumbac sau din fire combinate. Furtunurile cauciucate au în interior un strat fin de cauciuc care se aplică pe ţesătura furtunului pentru a rezista la diferite presiuni: normale (12 bar), mărite (15 bar) şi maxime (17 bar). Aceste furtunuri se deosebesc unul faţă de celălalt după aspectul exterior, prin numărul de fire colorate intercalate în ţesătură sub forma unor fâşii exterioare, pe întreaga lungime a furtunului: la furtunurile de presiuni normale, o fâşie este de culoare albastră sau roşie, la cele pentru presiuni mărite, două fâşii şi la furtunurile pentru presiuni maxime, trei fâşii. Furtunurile au un diametru interior de 51 mm (2") şi 64 mm (2,5"), lungimea acestora este de 10...20 m, iar la capete, sunt prevăzute cu cuplaje speciale pentru formarea lungimii necesare.

Fig. 2.24. Pompă de apă de joasă presiune.

Furtunurile necauciucate au următoarele presiuni de lucru: mică (4...6 bar), normală (12 bar) şi mărită (15 bar). Furtunurile ce lucrează la presiuni de lucru normale au o singură fâşie colorată, iar cele ce lucrează la presiuni de lucru mărite, două fâşii.

d. **Cheia dinamometrică**

Cheia dinamometrică sau *maşina torsiometrică* este o unealtă acţionată hidraulic recent introdusă în lucrările offshore (fig. 2.25). Aceasta poate fi acţionată şi pneumatic. Sistemul complet de acţionare este alcătuit din: sursă de alimentare hidraulică sau pneumatică, cheie dinamometrică, furtunuri hidraulice sau pneumatice şi tablou de măsură şi control.

Cheia dinamometrică este utilizată în special pentru înşurubarea sau desfacerea piuliţelor şi a bolţurilor cu cap hexagonal al flanşelor aferente instalaţiilor submarine, lucru care necesită aplicarea unei forţe sporite şi egal repartizate. Aceste flanşe pot fi în componenţa unor structuri imerse la care accesul este limitat cum ar fi: prevenitorul de erupţie, capul de producţie, branşamentele conductelor etc.

Cheia dinamometrică este de construcţie monobloc, fără părţi în mişcare în exterior şi aplică piuliţelor sau bolţurilor momente de până la 65000 Nm sau chiar mai mult. Momentul necesar strângerii este reglat şi controlat pe tabloul de măsurare şi

control aflat la suprafață, unealta efectuând operațiunea de strângere până la valoarea acestui moment prestabilit.

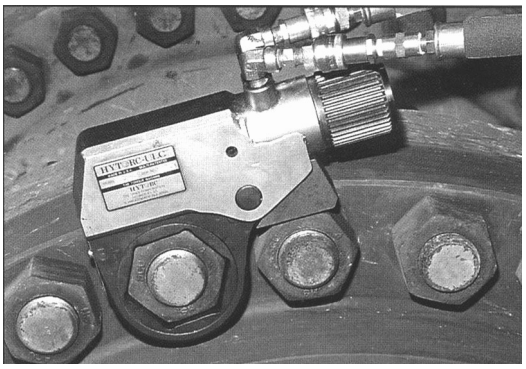


Fig. 2.25. Cheie dinamometrică.

Cheia dinamometrică este prevăzută cu un umăr de sprijin cu care se reazemă pe piulița alăturată, iar brațul cheii este orientabil la 360^0 putându-se sprijini şi pe suprafețe curbe.

2.3. PREZENȚA FACTORULUI UMAN LA UTILIZAREA UNELTELOR ACȚIONATE MECANIC

Atunci când se utilizează sub apă unelte hidraulice sau pneumatice, scafandrul trebuie să acorde o mare atenție mişcării de recul produsă de unealtă. Aceasta poate avea ca efect întoarcerea sau împingerea scafandrului de pe locul de utilizare. De aceea, este important să se utilizeze diverse metode pentru a contracara aceste forțe.

Astfel, în cazul în care forța uneltei nu este excesivă, scafandrul se poate sprijini cu o mână de locul de lucru, lucrând cu unealta în cealaltă mână. Scafandrul mai poate, de asemenea, să se "agațe" cu picioarele folosind conducta sau o altă structură submersă pentru a se stabiliza. O tehnică adoptată de către scafandrii pentru a contracara forța de reacție a uneltei este aceea a conducerii uneltei. Prin această metodă scafandrul îşi mişcă corpul înainte să acționeze unealta pneumatică sau hidraulică, folosind forța de reacție a uneltei pentru a opri deplasarea corpului său. Un exemplu îl constituie operația de strângere a unei piulițe. Scafandrul începe prin a-şi deplasa corpul în direcția în care se va mişca unealta, apoi strânge cu putere de mânerul uneltei, transmițând o forță de impact acesteia. Reacția de impact va opri deplasarea corpului său.

O altă metodă de reducere a forței de reacție a uneltei este de a utiliza un mâner mai lung la unealtă, care tinde să reducă forțele ce acționează asupra scafandrului. În orice activitate legată de lucrări mecanice sub apă, reacțiile uneltelor asupra scafandrului trebuie luate în considerație recomandându-se efectuarea pregătirilor sau antrenamentelor la suprafață.

În Anexa 2.1, sunt prezentate norme de protecția muncii specifice lucrărilor mecanice subacvatice cu scafandrii, extrase din "Norme privind organizarea şi desfăşurarea activităților de scufundare" elaborate de către Centrul de Scafandri Constanța din cadrul Forțelor Navale Române.

3.

PARÂME, LANȚURI ŞI ACCESORII ALE ACESTORA

Marea majoritate a lucrărilor subacvatice efectuate cu scafandri, necesită folosirea de parâme, lanțuri şi accesorii ale acestora, scafandrii trebuind să fie pregătiți atât în domeniul utilizării acestora cât şi în domeniul adaptării lor în vederea folosirii, prin efectuarea de noduri, legături, matiseli, împletituri, patronări, înfăşurări etc. Aceste activități aparțin domeniului de activități cu specific marinăresc numit şi matelotaj. Aproape că nu există lucrări subacvatice în care scafandrii să nu se confrunte cu necesitatea efectuării de astfel de activități de matelotaj, fie pe uscat, fie la suprafața apei pe nava suport, pe ponton sau pe platformă, fie sub apă.

În cele ce urmează sunt prezentate parâmele vegetale şi sintetice, parâmele metalice din sârmă de oțel, lanțurile şi accesoriile acestora, precum şi elemente generale privind întreținerea, conservarea şi pregătirea pentru utilizarea acestora.

3.1. PARÂME VEGETALE ŞI SINTETICE

Parâmele reprezintă totalitatea frânghiilor utilizate la lucrările subacvatice indiferent de materialul din care sunt confecționate sau de grosimea lor. Parâmele trebuie să îndeplinească unele condiții cum ar fi: rezistență uniformă, flexibilitate şi elasticitate, suprafață cât se poate de netedă şi uniformă pentru a putea fi mânuite cu uşurință precum şi durată de folosire îndelungată.

Parâmele vegetale şi sintetice pot fi de mai multe tipuri şi anume:

– parâme vegetale din cânepă, in, manila, iută şi sisal;

– parâme sintetice din poliamidă (nylon), polistiren (teron) sau polipropilen; acestea din urmă sunt cele mai folosite parâme, având în plus şi o flotabilitate pozitivă.

Parâmele sintetice posedă elasticitate, se pot alungi cu 15...30% înainte de rupere, preluând astfel sarcini şi şocuri foarte mari. Cele mai utilizate parâme sunt cele din cânepă şi manila, însă parâma din manila este cu 25% mai uşoară şi cu 70% mai rezistentă decât celelalte, iar când se udă devine chiar mai rezistentă.

Parâmele vegetale şi sintetice se confecționează din fire care se răsucesc spre dreapta formând sfilațe care, la rândul lor, se răsucesc spre stânga alcătuind şuvițe sau toroane. Parâmele sunt alcătuite de obicei din trei şuvițe răsucite spre dreapta (fig. 3.1). Acestea se mai numesc şi parâme simple sau lanțane. Prin răsucirea spre dreapta a trei lanțane se obține un garlin. Parâmele vegetale şi sintetice pot fi şi împletite.

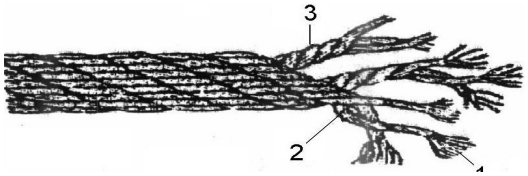


Fig. 3.1. Alcătuirea parâmei vegetale sau sintetice: 1– fibre; 2– sfilață; 3– șuviță.

3.1.1. Caracteristici ale parâmelor vegetale şi sintetice

Principalele caracteristici ale parâmelor vegetale şi sintetice sunt: grosimea parâmei, sarcina la rupere, coeficientul de securitate şi sarcina de lucru.

Grosimea parâmelor vegetale şi sintetice se măsoară la exteriorul lor pe circumferință şi se exprimă în mm (fig. 3.2). Funcție de tipul manevrei la care trebuie utilizată se aleg parâmele cu grosimea corespunzătoare.

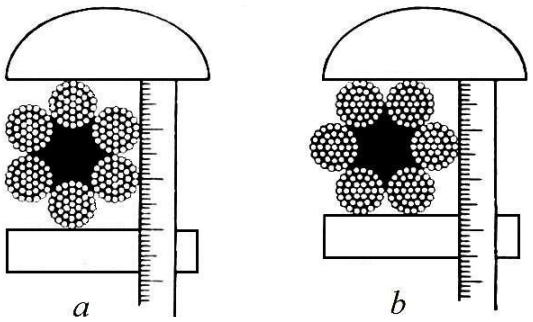


Fig. 3.2. Măsurarea corectă a grosimii parâmei vegetale. *a* – corect; *b* – incorect.

Sarcina la rupere a parâmei reprezintă sarcina maximă pe care o poate suporta parâma în timpul încercării de rupere la tracțiune. În caz de urgență, într-o primă aproximație, se poate stabili o valoare apropiată a sarcinii de rupere folosind formula $C^2/3$, unde C reprezintă circumferința în mm a parâmei.

Coeficientul de securitate al unei parâme, reprezintă o valoare prin care trebuie divizată sarcina de rupere a parâmei pentru a se determina sarcina de lucru egală deci cu $\frac{\text{Sarcina de rupere}}{6}$.

Sarcina de lucru reprezintă sarcina maximă la care poate fi utilizată parâma şi ale cărei valori sunt funcție de coeficientul de securitate stabilit.

Aceste valori specifice diferitelor categorii de parâme sunt stabilite de către producător în urma testelor efectuate şi apoi clasificate pentru fiecare tip şi mărime de parâmă. Se recomandă a nu se lucra cu parâme solicitate până la limita valorilor respective. De asemenea, parâmele vegetale îşi pierd aproximativ 50% din sarcina de rupere când sunt ude.

Valorile sarcinii la rupere pentru parâmele din cânepă, funcție de diametrul parâmei, sunt date în STAS 2203-51.

3.1.2. Tipuri de parâme vegetale şi sintetice

Parâmele vegetale şi sintetice pot avea mai multe denumiri în funcție de grosimea pe care o au şi anume:

- *merlin*, care este o parâmă subțire, cu grosimea de maximum 7 mm, fiind utilizată în special pentru efectuarea de patronări şi legături; acesta poate fi alb sau cătrănit (impregnat cu catran pentru a preveni putrezirea);
- *saulă*, care este o parâmă cu grosimea de 10...20 mm, fiind cea mai utilizată parâmă în activitățile cu scafandri;

– *garlin*, care este o parâmă ce poate avea grosimea de 100...600 mm, fiind utilizată în exclusivitate pentru legarea suplimentară a navelor la cheu sau de o platformă marină de către scafandri, într-un loc cu vânturi şi valuri puternice (fig. 3.3).

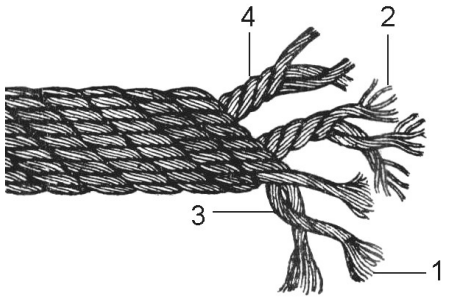


Fig. 3.3. Parâmă vegetală sau sintetică tip garlin:
1– fire; 2– sfilaţă; 3– şuviţă; 4– cordon.

Un alt tip de parâme îl reprezintă *chingile* sau *benzile* (fig. 3.4) care sunt benzi confecţionate din materiale şi ţesături sintetice speciale (din fibre de poliester), fiind extrem de rezistente. Dintre avantajele pe care le prezintă chingile, se poate menţiona rezistenţa extrem de ridicată la frecare, uzură şi tăiere. De aceea chingile sunt recomandate atât pentru ridicări de sarcini obişnuite, dar mai ales pentru utilizarea ca traine, folosite la descoperirea prin agăţare a obiectelor scufundate (ancore, torpile etc.) cât şi pentru ranfluări de epave. Pentru aceasta chingile sunt prevăzute cu gaşe la fiecare capăt de care se pot prinde inele, cârlige sau chei de împreunare pentru a fi îmbinate pe lungimi mai mari.

Chingile pentru ridicat au sarcini admisibile de până la 40000 kgf.

Fig. 3.4. Tipuri de chingi.

3.1.3. Pregătirea parâmelor vegetale şi sintetice pentru lucru prin bandule, patronări, legături, noduri, matiseli şi înfăşurări

Orice parâmă de bună calitate trebuie să aibă o rezistenţă uniformă pe toată lungimea ei, o suprafaţă netedă şi uniformă pentru a putea fi manevrată şi utilizată cu uşurinţă, o flexibilitate corespunzătoare destinaţiei sale şi o durată de folosire îndelungată. În continuare se prezintă principalele activităţi de matelotaj ce trebuie cunoscute de scafandri, în care se pot utiliza parâmele vegetale şi sintetice.

a. Bandule

Bandula este o saulă cu ajutorul căreia se pot arunca parâme de legare şi remorcaj între o navă şi cheu sau între două nave. Saula are lungimea de aproximativ 30 m, având la un capăt o pară din lemn, un pumn de maimuţă sau un nod de bandulă (v. fig. 3.13,*a*).

Pentru aruncare, se face un colac de 20...25 m ce se ţine în mâna stângă, iar restul de aproximativ o treime se aruncă cu mâna dreaptă (fig. 3.5).

Fig. 3.5. Baterea bandulei.

b. **Patronări**

Atunci când se folosesc parâme, fie vegetale, fie sintetice, capetele acestora este necesar să fie impiedicate de a se dezrăsuci în timpul folosirii lor. Aceasta se realizează printr-un procedeu numit *patronare*, prin care se înfăşoară strâns capătul unei parâme folosind merlin.

Patronările întâlnite cel mai des la aplicații subacvatice sunt cu capăt petrecut sau simple, cu nod lat şi de velar (fig. 3.6).

Pentru realizarea unei patronări cu capăt petrecut se procedează în felul următor (fig. 3.7): se aşează de-a lungul parâmei merlinul şi se fac câteva volte (înfăşurări) peste acesta lucrând înspre capăt. Apoi se aşează celălalt capăt al merlinului făcându-se volte cu restul peste capătul parâmei. Când nu se mai pot face volte peste capătul parâmei, se trage de capătul rămas al merlinului printre înfăşurări, apoi se taie capetele rămase.

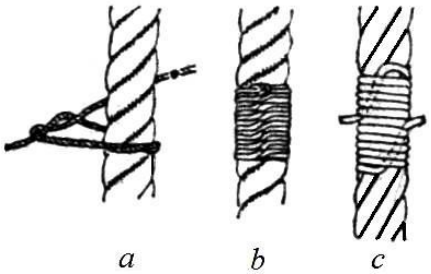


Fig. 3.6. Procedee de patronare a capetelor de parâmă:
a – cu capăt petrecut;
b – cu nod lat;
c – de velar.

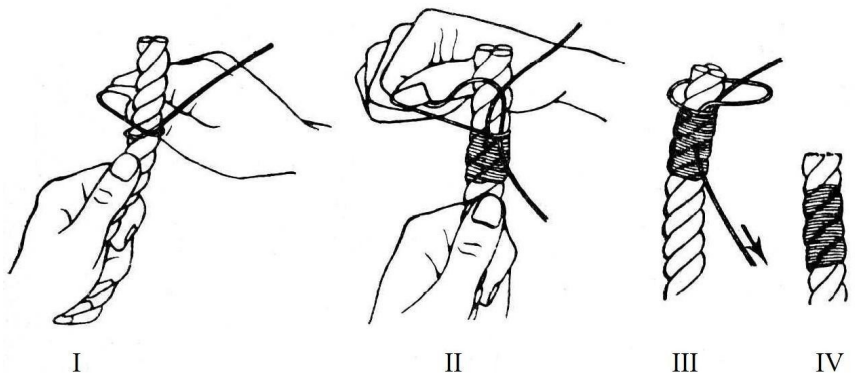


Fig. 3.7. Etapele executării unei patronări simple.

c. **Legături**

Legăturile sunt folosite pentru a prinde două parâme mai groase care trag la fel de puternic sau o parâmă de unul sau doi şcondri.

Cele mai folosite legături sunt: legătura dreaptă pentru prinderea a doi şcondri perpendiculari (fig. 3.8) şi legătura diagonală folosită pentru prinderea a doi şcondri în unghi ascuțit. Legăturile lată, rotundă şi portugheză sunt utilizate pentru prinderea a două parâme mai groase (fig. 3.9).

La realizarea unei legături se începe prin a se face câteva volte, se trece apoi pe sub volte, iar când capetele se întâlnesc se face o voltă traversă împreunându-se capetele cu un nod foarfecă sau lat.

Pentru executarea legăturilor se poate folosi un întinzător din lemn sau un mai de strâns pentru strângerea lor.

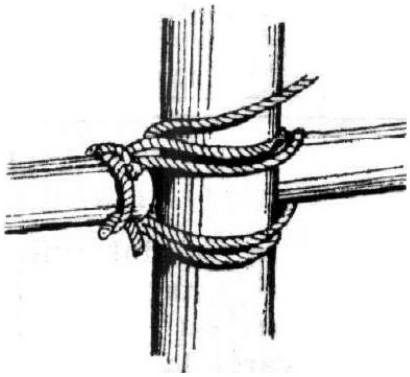


Fig. 3.8. Legătură dreaptă.

a *b* *c*

Fig. 3.9. Tipuri de legături:
a – legătură lată; *b* – legătură rotundă; *c* – legătură portugheză.

d. **Noduri**

Nodurile sunt legături făcute cu o parâmă sau mai multe, pentru împreunare sau legare de un şcondru, cârlig, inel, cavilă etc. Orice nod marinăresc trebuie să îndeplinească două condiții: să fie rezistent şi să se desfacă cu uşurință. Nodurile reduc sarcina de rupere a parâmelor cu 25…65%.

Tipurile de noduri utilizate în lucrările subacvatice sunt: noduri de împreunare, noduri de legătură, noduri de cârlig şi noduri speciale.

Nodurile de împreunare (fig. 3.10) se folosesc pentru unirea a două parâme de grosimi aproximativ egale. Cel mai frecvent folosite sunt:

– *nodul lat* (fig. 3.10,*a*) care este folosit la legarea a două parâme subțiri de aceeaşi grosime; acest nod se dezleagă cu greutate;

– *nodul lat cu dublin* (fig. 3.10,*b*) care este executat în acelaşi fel, numai că se lasă o buclă (un dublin) care ajută să se desfacă mai uşor;
– *nodul de pescar* (fig. 3.10,*c*) care este folosit la unirea a două capete de saulă, merlin, lusin; acest tip de nod nu se foloseşte la parâme groase;
– *nodul de înnăditură* (fig. 3.10,*d*) care se poate face cu ochiuri sau cu scaune.

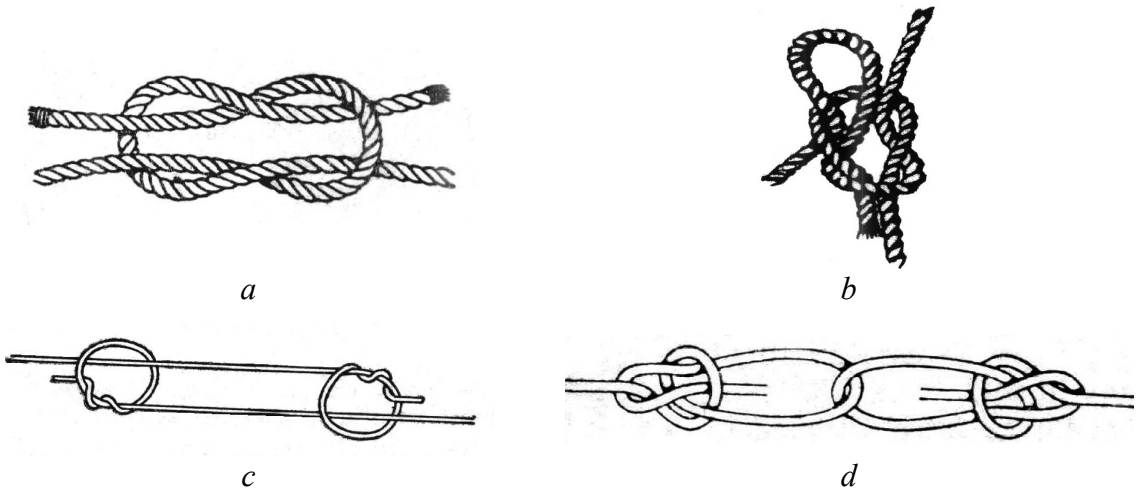


Fig. 3.10. Noduri de împreunare:
a – nod lat; *b* – nod lat cu dublin; *c* – nod de pescar; *d* – nod de înnăditură.

Nodurile de legătură (fig. 3.11) se folosesc la fixarea unui capăt de parâmă pentru legarea, susținerea sau ridicarea unor obiecte. Dintre acestea pot fi menționate:

– *nodul simplu* sau *jumătate nod* ce este folosit pentru fixarea capătului unei parâme care nu este supusă tracțiunii (fig. 3.11,*a*);

– *nodul opt* (fig. 3.11,*b*) ce se face la capătul unei parâme pentru a nu se dezrăsuci şi de a nu trece printr-o macara;

– *nodul de şcotă* (fig. 3.11,*c*) ce este folosit pentru prinderea unei parâme de un ochi matisit sau gaşă; acest tip de nod poate fi simplu sau dublu;

– *nodul de scaun* (fig. 3.11,*d*) ce este folosit pentru susținerea sau asigurarea scafandrilor sau altor persoane care lucrează în afara bordului ; acesta poate fi simplu, alunecător, pe dublin şi dublu;

– *nodul de foarfecă* (fig. 3.11,*e*) ce este folosit pentru a lega două parâme sau o parâmă de un şcondru ; acesta rezistă la tracțiune puternică şi poate fi simplu sau dublu;

– *nodul de şcondru* (fig. 3.11,*f*) ce se compune dintr-un laț şi o jumătate de ochi şi se foloseşte pentru remorcarea şcondrilor;

– *nodul jumătate ochi* (fig. 3.11,*g*) ce este folosit pentru a împiedica o parâmă de a se dezrăsuci;

– *nodul de ancoră* (fig. 3.11,*h*) ce este folosit pentru legarea unei parâme de inelul unei ancore; acest nod constă din mai multe volte luate pe inelul ancorei şi apoi din două jumătăți de ochi pe parâma care întinde şi din fixarea capătului scurt cu o legătură;

– *nodul alunecător* (fig. 3.11,*i*) ce este folosit la prinderea de un obiect sau a unui obiect în afara bordului.

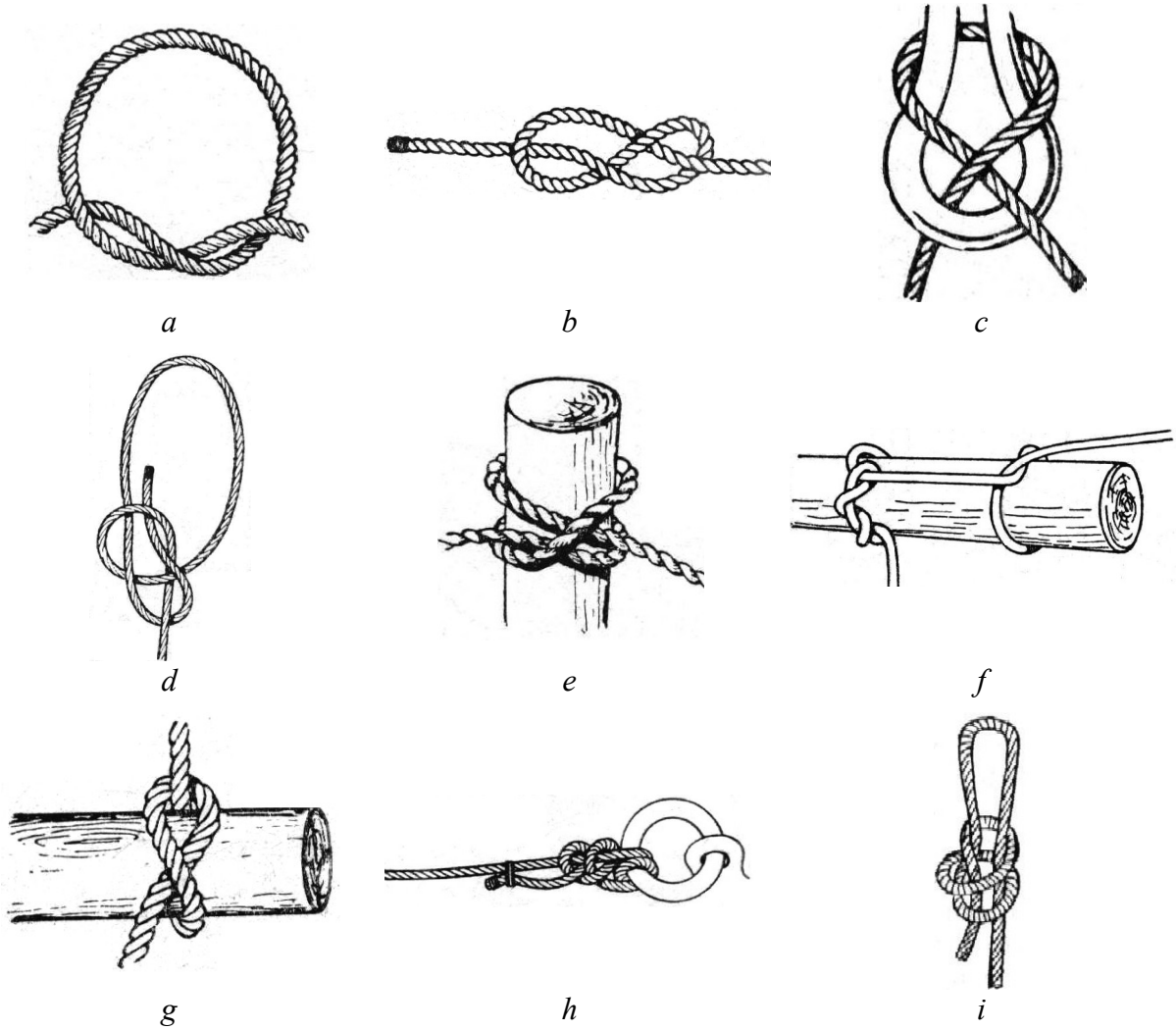


Fig. 3.11. Noduri de legătură: *a* – nod simplu; *b* – nod în opt; *c* – nod de şcotă; *d* – nod de scaun; *e* – nod de foarfecă; *f* – nod de şcondru; *g* – nod jumătate ochi; *h* – nod de ancoră; *i* – nod alunecător.

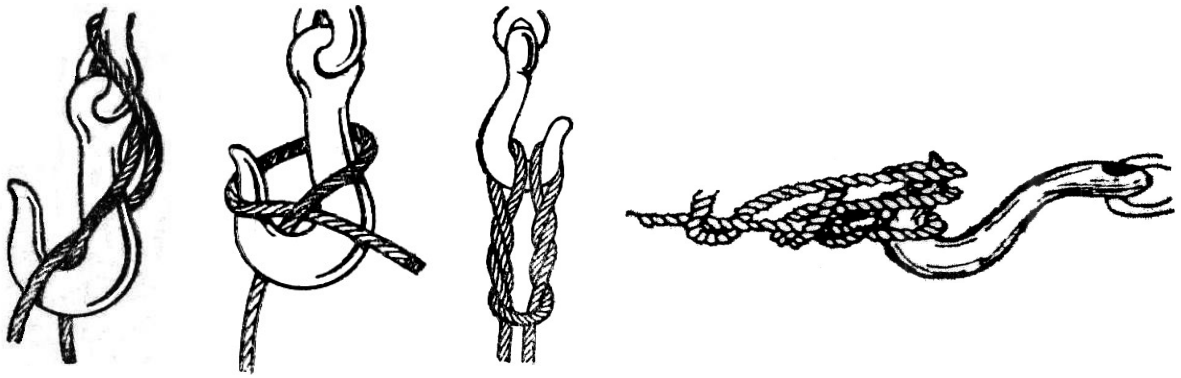
Nodurile de cârlig se folosesc pentru legarea unui capăt de parâmă la un cârlig, fie pentru suspendarea parâmei, fie pentru ridicarea unor obiecte (fig. 3.12). Dintre nodurile de cârlig utilizate mai des la lucrările sub apă sunt:

– *nodul de cârlig dublu* (fig. 3.12,*a*) care este folosit la prinderea rapidă a unei parâme de un cârlig; nu se recomandă folosirea nodului de cârlig simplu;

– *nodul de şcotă la cârlig* (fig. 3.12,*b*) care ține ceva mai bine decât nodul de cârlig şi poate fi folosit pentru ridicarea obiectelor uşoare;

– *nodul gură de ştiucă* (fig. 3.12,*c*) care este un nod foarte rezistent şi care nu permite filarea; acesta poate fi folosit la efectuarea legăturii la un cârlig supus la tracțiune mare;

– *nodul de remorcă* (fig. 3.12,*d*) a cărui folosire este definită prin denumirea ce o poartă.



a *b* *c* *d*

Fig. 3.12. Noduri de cârlig:
a – nod de cârlig dublu; *b* – nod de şcotă la cârlig; *c* – nod gură de ştiucă; *d* – nod de remorcă.

Nodurile speciale sunt o categorie de noduri în care intră nodurile care au alte întrebuinţări decât nodurile precedente sau presupun o execuţie specială. Dintre acestea, cele mai utilizate sunt (fig. 3.13):

– *nodul de bandulă* (fig. 3.13,*a*) care este un nod obţinut printr-o înfăşurare, care se execută la capătul liber al saulei de bandulă pentru ca saula să nu scape din mână pe timpul filării;

– *nodul picior de câine* (fig. 3.13,*b*) care se întrebuinţează la scurtarea unei parâme sau eliminarea de sub tracţiune a unei porţiuni de parâmă mai slabă (roasă) fără a se tăia parâma;

– *nodul de gripie* (fig. 3.13,*c*) care este un nod special ce se execută pentru a lega o parâmă de diamantul unei ancore;

– *nodul de sart* (fig. 3.13,*d*) care este de fapt un întinzător de sart din parâmă vegetală, care leagă un inel din punte cu rodanţa unei parâme;

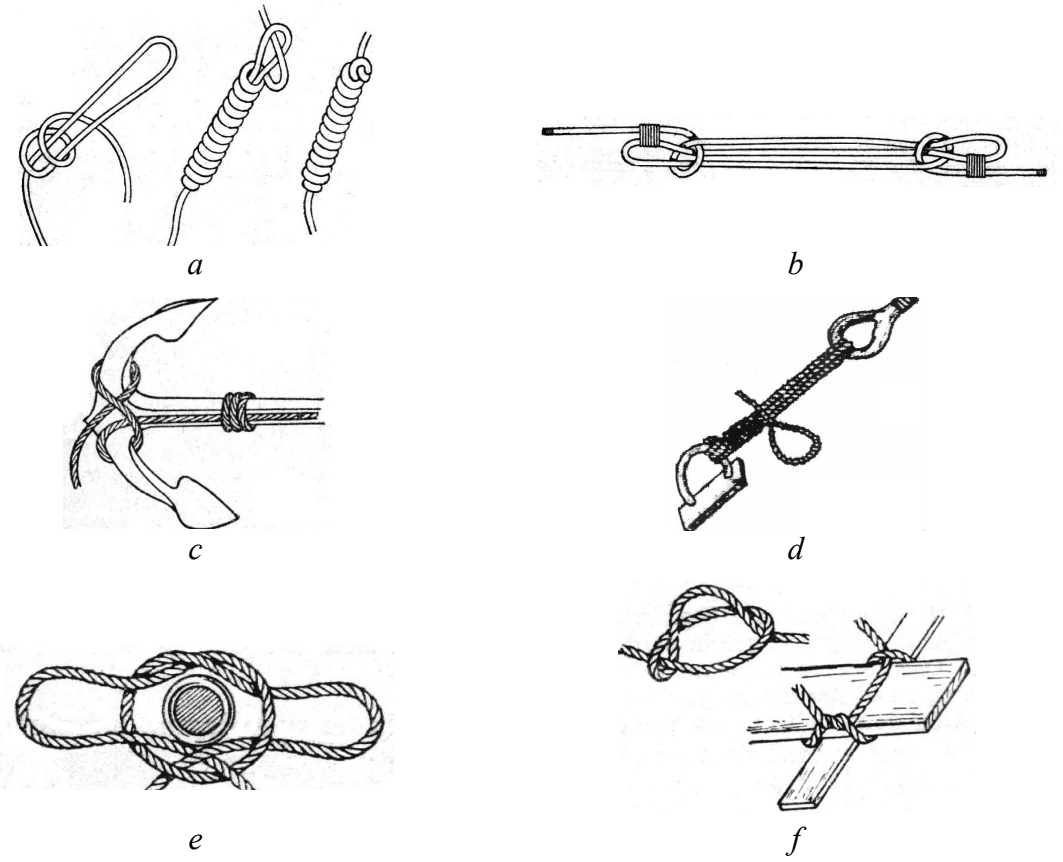
– *nodul de capelatură* (fig. 3.13,*e*) care se foloseşte pentru susţinerea unui şcondru sau arbore cu sarturi şi straiuri;

– *nodul de schelă* (fig. 3.13,*f*) care este folosit pentru atârnarea schelelor de lucrări la bordaj; parâma folosită trebuie să aibă o grosime de minimum 25 mm.

e. **Volte**

Voltele sunt legături prin care se fixează parâmele la dispozitivele speciale de legare (babale, tacheţi, cavile). Asemenea dispozitive se găsesc la bordul oricărei nave şi deci şi la navele de scafandri ca piese componente ale instalaţiei de legare a navei (babale), a instalaţiei de manevră a velelor (cavile, tacheţi) sau a instalaţiei de ridicare a bărcilor (tacheţi).

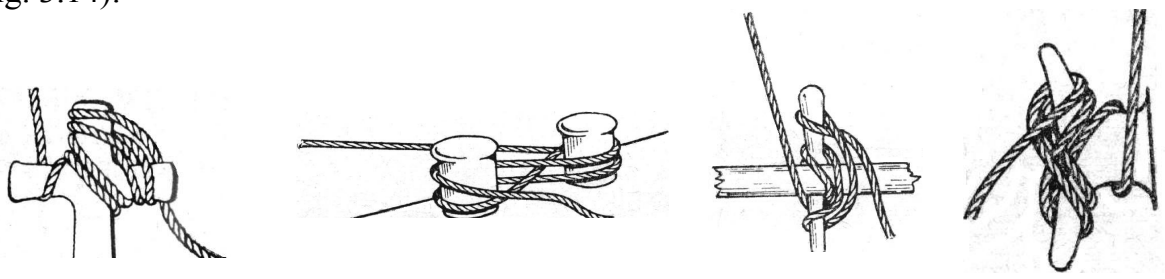
Voltele nu sunt noduri. Ele constau în înfăşurarea parâmei într-o serie de bucle sub formă de opt în jurul dispozitivului de legare. Volta ţine, adică nu se filează, indiferent de tracţiunea la care este supusă, deoarece pe fiecare porţiune de buclă parâma are sens diferit de deplasare. Pentru acest motiv, volta trebuie luată strâns, astfel încât fiecare să fie în contact direct cu cea de deasupra şi cea de dedesubt şi, prin frecare, să se imobilizeze reciproc datorită sensului invers de deplasare a spirelor vecine.



a *b* *c* *d* *e* *f*

Fig. 3.13. Noduri speciale: *a* – nod de bandulă; *b* – nod picior de câine; *c* – nod de gripie; *d* – nod de sart; *e* – nod de capelatură; *f* – nod de schelă.

Voltele sunt de mai multe feluri şi poartă denumirea dispozitivului de legare (fig. 3.14):



a *b* *c* *d*

Fig. 3.14. Volte: *a* – voltă la o baba în cruce; *b* – voltă la baba dublă; *c* – voltă la cavilă; *d* – voltă la tachet.

– *volta la o baba* (fig. 3.14,*a*) care se efectuează luându-se mai multe volte, iar ultimele două se asigură cu o legătură cu sfilață;

– *volta la baba dublă* (fig. 3.14,*b*) la care se fac mai multe opturi în jurul celor două corpuri ale babalei duble; ultima voltă se ia astfel încât capătul ei să treacă pe sub ultima spiră şi se leagă cu o sfilață;

– *volta la cavilă* (fig. 3.14,*c*) la care se înfăşoară parâma în opturi peste capetele cavilei; la ultima trecere se aşează capătul parâmei pe sub optul precedent;

– *volta la tachet* (fig.3.14,*d*) care se începe cu volta în jurul bazei tachetului şi se continuă cu volte în opt efectuate prin acelaşi procedeu ca şi la celelalte;

– *volta la şcondru* care se face prin luarea a două volte în jurul unui şcondru, trecând apoi parâma pe sub ele.

f. **Matiseli**

Matiseala este rezultatul unei *matisiri* prin care se înţelege împletirea şuviţelor sau viţelor capetelor a două parâme sau împletirea şuviţelor aceleiaşi parâme fără a le înnoda şi fără a introduce elemente străine. Matisirea reduce sarcina de rupere a parâmei cu aproximativ 15%.

Cele mai utilizate matisiri în cadrul diferitelor lucrări subacvatice sunt (fig. 3.15):

– *matisirea scurtă* (fig.3.15,*a*) care este folosită pentru a îmbina capetele a două parâme de aceeaşi grosime; pentru executarea unei matiseli scurte se desfac şuviţele ambelor capete de parâme pe o distanţă egală cu de 6...7 ori circumferinţa acestora unde se face o patronare; şuviţele, de asemenea, se patronează; se pun şuviţele faţă în faţă şi se introduc încrucişat printre şuviţele celeilalte parâme astfel ca o şuviţă a fiecărei parâme să fie aşezată între celelalte două ale celeilalte parâme; apoi se trece de 2...3 ori pe sub o şuviţă şi pe deasupra alteia; când s-au terminat de trecut şuviţele desfăcute ale unui capăt printre şuviţele împletite ale celuilalt capăt de parâmă s-a executat o trecere; se patronează parâma cu merlin; matiseala scurtă îngroaşă parâma şi deci nu poate fi folosită să treacă peste un rai;

– *matisirea lungă* (fig. 3.15,*b*) prin efectuarea căreia nu se schimbă diametrul parâmei, permiţându-i să fie folosită peste un rai; metoda este diferită de cea folosită la matisirea scurtă şi pentru executarea ei se dezrăsucesc şuviţele celor două parâme de aproximativ 12...14 ori circumferinţa parâmei unde se face o patronare; se patronează şi şuviţele, apoi se împreunează ca pentru o matisire scurtă; se ia o şuviţă din parâma 1 şi se răsuceşte în locul şuviţei desfăcute din parâma 2 şi în mod similar se procedează şi cu şuviţele parâmei 2 care se înfăşoară pe parâma 1 în locul rămas liber prin eliberarea şuviţei proprii desfăşurate; şuviţele rămase libere se trec pe sub şuviţa vecină, apoi se subţiază şi se mai fac două treceri pe sub şuviţele vecine ca la matisirea scurtă;

– *matisirea unui ochi de parâmă sau a unei gaşe* (fig. 3.15,*c*) care se execută pentru a forma permanent un ochi (gaşă) la capătul unei parâme; se dezrăsucesc şuviţele pe o distanţă de aproximativ 5 ori circumferinţa parâmei şi se face o patronare; se patronează şi şuviţele şi se îndoaie parâma formând ochiul sau gaşa de matisirea dorită; matiseala începe cu şuviţa din mijloc a capătului lucrător care se trece sub şuviţa din mijloc a parâmei ca la matisirea scurtă; apoi se trece şuviţa din dreapta şi cea din stânga, trecându-se în continuare şuviţele "sub una şi peste una" ca la matisirea scurtă; pentru parâme vegetale trecerea se face de trei ori, iar pentru parâme sintetice de patru ori;

– *matisirea înapoi* (fig. 3.15,*d*) care este cea mai simplă formă de matisire; ea se execută la capătul parâmelor pentru a împiedica destrămarea acestora şi poate înlocui patronarea acolo unde îngroşarea capătului parâmei nu are importanţă, atunci când parâma nu trebuie să treacă peste un rai.

Alte matiseli întâlnite la lucrări de matelotaj specifice şi activităţilor cu scafandri sunt: matiseală tăiată, matiseală de lanţ, matiseală de ochi de parâmă, matiseală de saulă împletită etc.

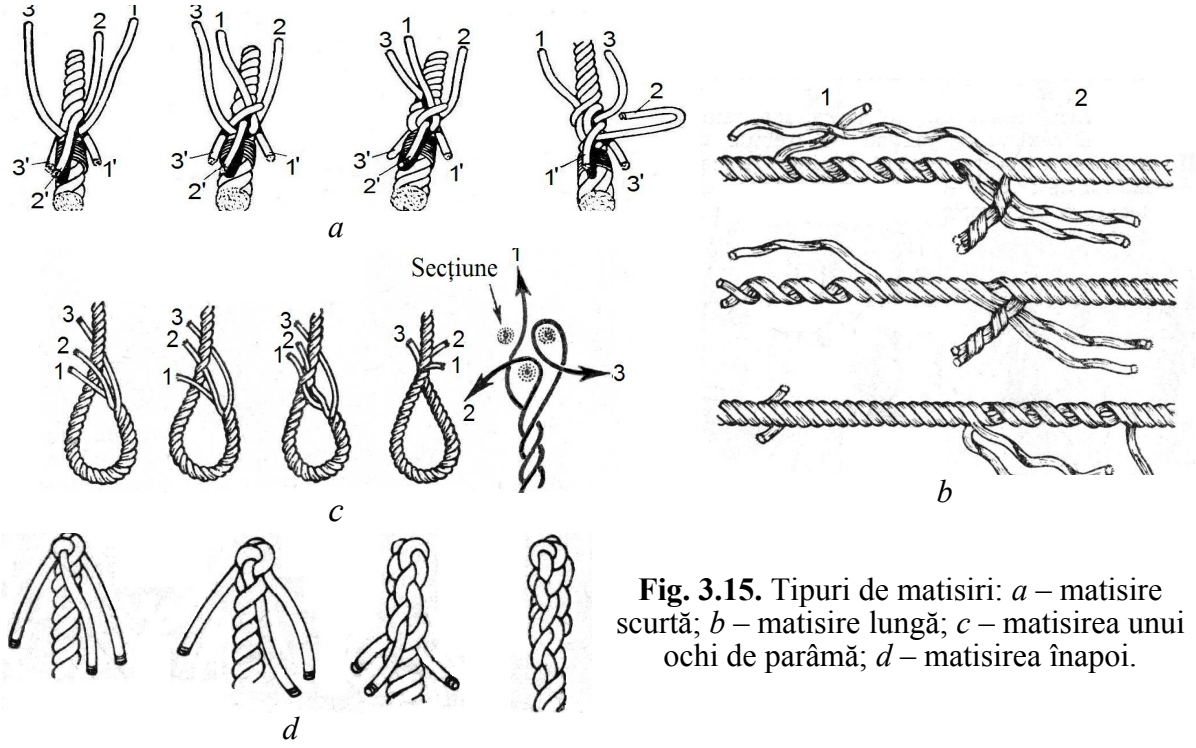


Fig. 3.15. Tipuri de matisiri: *a* – matisire scurtă; *b* – matisire lungă; *c* – matisirea unui ochi de parâmă; *d* – matisirea înapoi.

Dintre lucrările la care se foloseşte matiseala pot fi menţionate:

- *Capul alungit* care este un nod în capătul unei parâme pentru a împiedica dezrăsucirea. Se începe prin a se dezrăsuci de aproximativ cinci ori şuviţele. Se patronează, apoi se patronează şuviţele. Se face coroana, apoi se matiseşte în jos "sub una şi peste una" de trei ori pentru parâmă vegetală şi de patru ori pentru parâmă sintetică;
- *Nuca simplă* (fig. 3.16,*a*) care se face la capătul parâmelor nepatronate pentru a împiedica destrămarea lor. Ea împiedică ca parâma să treacă printr-o gaură;
- *Coroana simplă cu nucă dublă* (fig. 3.16,*b*) care se face la capătul unei parâme pentru a preveni ca o matiseală sau o înfăşurare să se destrame. Se dezrăsucesc şuviţele până la locul matiselii sau înfăşurării. Se face mai întâi coroana simplă, iar apoi se execută nuca dublă.

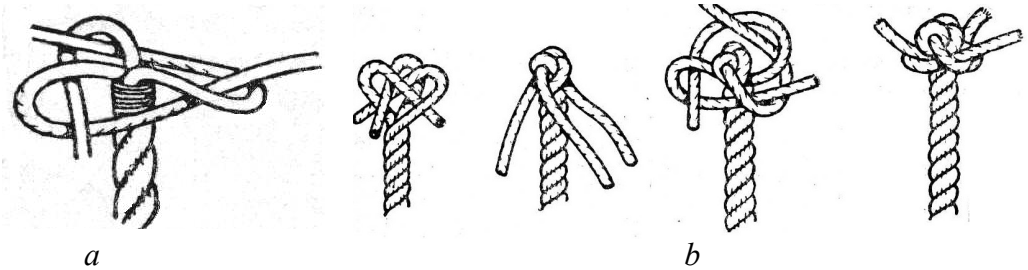


Fig. 3.16. Lucrări la care se foloseşte matiseala:
a – nucă simplă; *b* – coroană simplă cu nucă dublă.

g. **Înfăşurări**

Înfăşurarea unei parâme reprezintă volte executate pe o parâmă sau matiseală folosind merlin sau lusin deoarece voltele (înfăşurările) trebuie executate strâns. Se foloseşte un mai de înfăşurat. Acesta este prevăzut cu o crestătură pentru a se fixa pe parâmă şi cu un mâner lung de 38 cm (fig. 3.17).

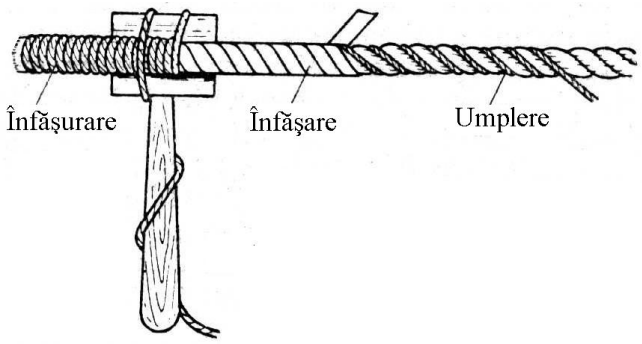


Fig. 3.17. Înfăşurarea unei parâme vegetale.

Înfăşurările pot fi de mai multe tipuri: înfăşurare în pieptene, înfăşurare împletită sau încrucişată, înfăşurare cu jumătăţi de ochi, înfăşurare cu nuci continue, înfăşurare cu coroane continue, înfăşurare de inel.

3.1.4. Întreținerea şi conservarea parâmelor vegetale şi sintetice

Atunci când se examinează aspectul exterior al unei parâme noi, vegetale sau sintetice, se observă culoarea şi mirosul parâmei. Parâma albă nu trebuie să aibă o culoare brună sau pete întunecate şi nici să prezinte miros de ars, putrefacţie sau mucegai. Parâma gudronată nu trebuie să prezinte exces de gudron şi trebuie să aibă o culoare uniformă. De asemenea, parâmele gudronate trebuie să prezinte un aspect neted, fără scame şi sfilaţe, libere.

Parâmele vegetale noi se întreţin ferindu-le de umezeală. După folosire, parâma murdară se spală cu apă proaspătă, pentru a îndepărta eventualele contacte cu uleiuri, funingine sau apă de mare. Apoi, parâma se strânge în colac şi se atârnă, pentru păstrare, în locuri aerisite. Parâmele vegetale nu trebuie să vină în contact cu acizii sau vaporii acestora pentru că se pot distruge. De asemenea, parâmele vegetale nu trebuie trecute peste margini şi praguri tăioase sau ascuţite pentru a nu se uza prematur şi trebuie ferite de şocuri puternice.

Parâmele sintetice trebuie ferite de uleiuri şi gudroane. Parâmele sintetice nu sunt atacate de acizi organici sau soluţii bazice.

Parâmele sintetice murdare trebuie spălate cu apă proaspătă, iar eventualele pete de ulei se îndepărtează cu petrol. Când se păstrează, parâmele sintetice trebuie ferite de razele solare, de materii grase şi de frecare pentru a nu le reduce rezistenţa. Umezeala nu alterează parâmele sintetice, dar ele trebuie întotdeauna uscate înainte de strângere în colac.

Strângerea parâmelor vegetale şi sintetice este operaţiunea de aranjare a parâmelor într-o formă circulară numită colac şi de păstrare a ei pentru un timp mai îndelungat. Colacul se realizează întotdeauna în sensul de răsucire al parâmei (fig. 3.18).

Pentru păstrare, colacul se înconjoară de două-trei ori, se capelează cu o buclă, apoi se agață la un tachet (fig. 3.19). Parâma se aranjează în colac în sensul acelor de ceasornic şi se desface în sens invers acelor de ceasornic.

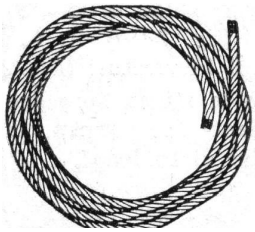


Fig. 3.18. Strângerea parâmei vegetale sau sintetice sub formă de colac.

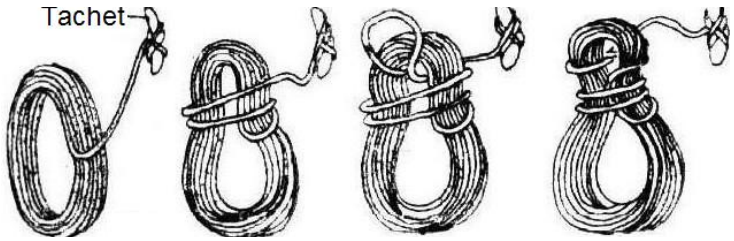


Fig. 3.19. Modul corect de păstrare a colacului din parâmă vegetală sau sintetică.

3.2. PARÂME METALICE DIN SÂRMĂ DE OȚEL

Parâmele metalice din sârmă de oțel sunt construite prin răsucirea spre stânga a unor fire metalice din oțel zincat cu grosimea de 0,2...0,4 mm, în jurul unor inimi din iută sau din sârmă formând vițele (fig. 3.20). Vițele sunt în număr de şase şi sunt răsucite, la rândul lor, spre dreapta în jurul unei alte inimi (inima parâmei), care poate fi din cânepă sau din iută gudronată. Această inimă are rolul de a proteja firele din interior de umiditate şi oxidare, precum şi de a asigura flexibilitate parâmei şi de a păstra parâma unsă cu ulei. Inima parâmei poate fi şi metalică. Pentru parâmele din sârmă, care sunt utilizate în atmosferă umedă sau corozivă, sau care stau perioade mai lungi de timp sub apă, se folosesc parâmele metalice cu inimă sintetică şi fire zincate. Se vor prefera parâmele fabricate din sârmă trefilată după zincare.

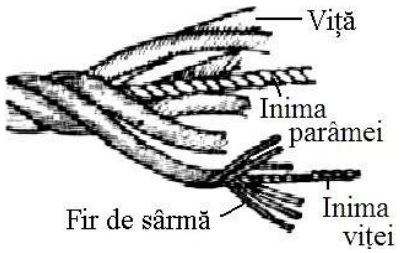


Fig. 3.20. Alcătuirea parâmei metalice din sârmă de oțel.

Parâma din sârmă simplă se numeşte *lanțană din sârmă*. Prin răsucirea lanțanelor spre stânga în jurul unei inimi din cânepă, se formează un garlin din sârmă.

3.2.1. Grosimea parâmelor metalice

Spre deosebire de parâmele vegetale şi sintetice, măsurarea parâmelor metalice se face măsurând grosimea lor, în orice punct de pe lungime.

În figura 3.21 se arată modul corect şi modul incorect de măsurare a grosimii unei parâme metalice.

La stabilirea grosimii necesare unei parâme metalice, se ține seama de rezistența de siguranță şi nu de rezistența la rupere. Aceasta este cel mult 33% din rezistența la rupere, putând fi cel mult 30% din rezistența la rupere atunci când se ridică greutăți.

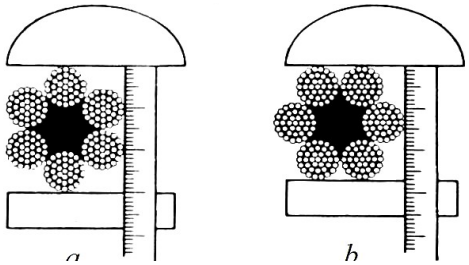


Fig. 3.21. Măsurarea corectă a grosimii parâmei metalice.

3.2.2. Tipuri de parâme metalice

Cele mai utilizate tipuri de parâme metalice, în cadrul diferitelor lucrări subacvatice cu scafandri, sunt următoarele (fig. 3.22):

– *parâmele rigide* care sunt confecţionate din 6 vițe cu 7 fire (6×7) şi sunt folosite pentru manevre fixe (fig. 3.22,*a*);

– *parâmele semirigide* care sunt confecţionate din 6×19 fire din sârmă şi sunt folosite pentru manevre fixe supuse la încovoiere cât şi pentru manevre de forță (fig. 3.22,*b*);

– *parâmele flexibile* care sunt confecţionate din 6×12, 6×24 şi 6×30 fire din sârmă şi sunt folosite pentru manevre de remorcare sau legare a navei (fig. 3.22,*c*);

– *parâmele foarte flexibile* care sunt confecţionate din 6×37 şi 6×61 fire şi sunt cele mai bune parâme metalice deoarece 50%, sau mai mult, din fire sunt în interior, fiind astfel protejate (fig. 3.22,*d*).

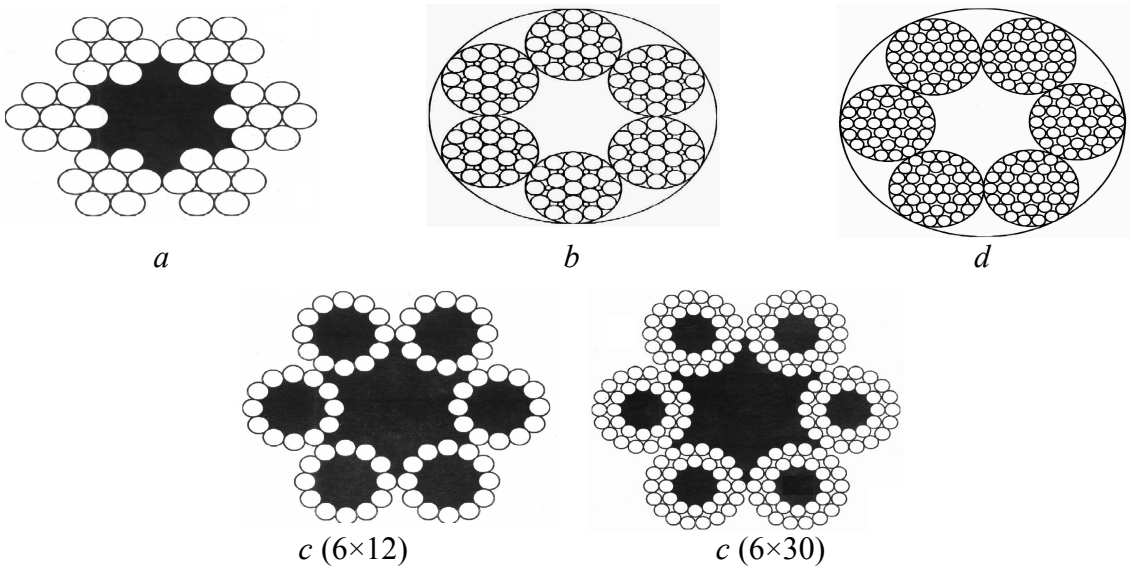


Fig. 3.22. Tipuri de parâme metalice: *a* – parâmă rigidă 6×7; *b* – parâmă semirigidă 6×19; *c* – parâme flexibile 6×12 şi 6×30; *d* – parâmă foarte flexibilă 6×37.

Sarcina minimă de rupere calculată a parâmelor metalice şi masa acestora, funcție de diametrul nominal al parâmelor, sunt prezentate în STAS 1353-80 pentru parâmele metalice 6×7, 6×19 şi 6×37 şi în STAS 1553-80 pentru parâmele metalice 6×12 şi 6×30.

3.2.3. Pregătirea parâmelor metalice pentru lucru prin patronări şi matisiri

Ca şi parâmele vegetale şi sintetice, parâmele metalice se pregătesc pentru realizarea de lucrări de matelotaj ce trebuie cunoscute de scafandri şi de personalul de suprafață care participă la efectuarea de diverse lucrări subacvatice.

a. **Patronări**

Patronarea parâmelor metalice se efectuează atunci când parâma trebuie tăiată în tronsoane de o anumită lungime. Se patronează parâma cu sârmă din oțel moale la dreapta şi la stânga locului de tăiere. Diametrul sârmelor pentru patronare este dat în tabelul 3.1 funcție de diametrul parâmei metalice. Sensul de înfăşurare a spirelor va fi opus sensului de răsucire al vițelor parâmei metalice pentru ca la desfăşurarea parâmei patronarea să aibă tendința de strângere. La diametre de parâmă mai mici de 30 mm patronarea se face manual (fig. 3.23).

Tabelul 3.1

Diametrul sârmei pentru patronare funcție de diametrul parâmei metalice

Diametrul parâmei [mm]	< 6	6...15	15...30	30...45	> 45
Diametrul sârmei [mm]	0,5	1,5	2	2,5	3,5

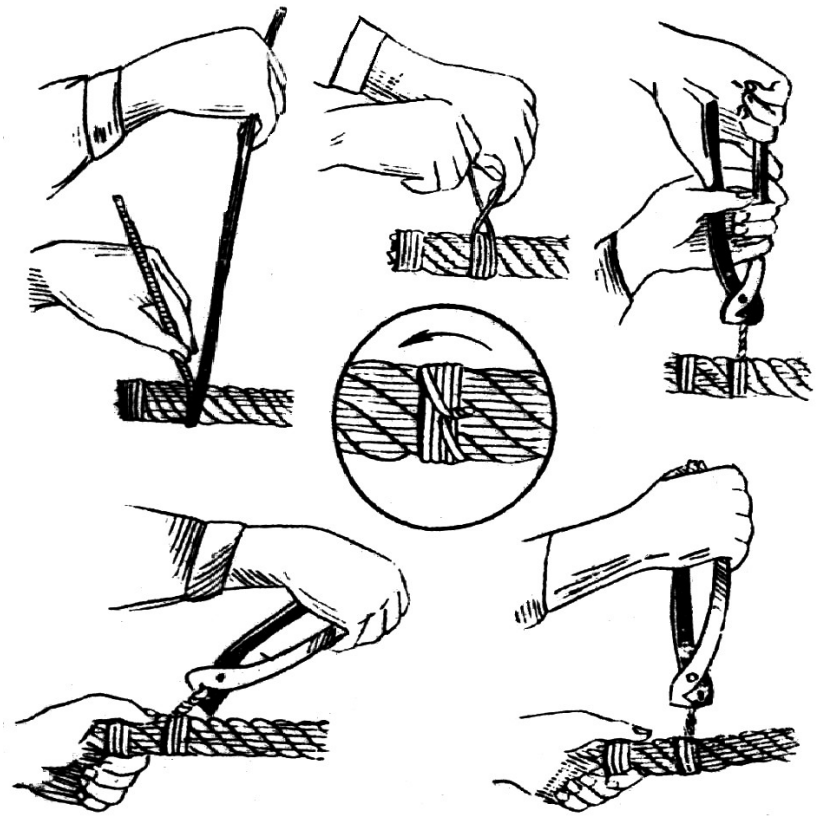


Fig. 3.23. Patronarea manuală a parâmelor metalice.

Numărul patronărilor de fiecare parte a locului de tăiere este de trei la parâmele metalice cu inimă vegetală şi de patru la parâmele metalice cu inimă metalică. Lungimea patronărilor şi distanța dintre ele sunt date în tabelul 3.2 funcție de diametrul parâmei metalice.

Tabelul 3.2

Lungimea patronărilor şi distanța între ele funcție de diametrul parâmei metalice

Diametrul parâmei [mm]	< 15	15...20	21...30	31...44	45...50	> 50
Lungimea patronării [mm]	15	`	40	50	75	100
Distanța dintre patronări [mm]	25	50	50	50	50	75

Pentru tăierea parâmelor metalice se pot folosi următoarele scule sau unelte: fierăstrău acționat manual, disc abraziv acționat electric (la suprafață), disc abraziv acționat pneumatic sau hidraulic (sub apă), foarfece-ghilotină (v. Cap. 2). Parâmele metalice de diametru mare pot fi tăiate şi prin procedee de tăiere oxi-gaz (v. Cap. 5).

b. **Matisiri**

Parâmele metalice se matisesc în general în acelaşi mod ca parâmele vegetale sau sintetice, dar trebuie acordată mai multă atenție şi se cere mai multă îndemânare. *Matisirea* reduce rezistența unei parâme metalice cu aproape 1/8.

În general, pentru executarea unei matiseli la parâme metalice se folosesc scule speciale cum ar fi: menghină de matisit, cavile, ace cu mâner, cuțit, cleşte, bară conică ascuțită, ciocan din lemn, riglă etc.

Cele mai utilizate matisiri folosite în cadrul diferitelor lucrări subacvatice cu scafandri sunt: matisirea lungă, matisirea de ochi de salvare şi matisirea talurit.

Matisirea lungă care este operația ce conduce la o matiseală pentru care lungimile de matisire sunt date în tabelul 3.3 funcție de diametrul parâmei metalice. Această matisire este asemănătoare cu matisirea lungă executată la parâmele vegetale sau sintetice. Se patronează cele două parâme la o distanță egală cu jumătatea lungimii de matisire. Se dezrăsucesc vițele parâmelor până la locul patronat şi se taie inimile vegetale de la ambele capete. Se notează cele două capete ale parâmelor cu A şi B, iar cu 1...6 şi I...VI vițele lor. Se taie inimile vegetale de la ambele capete. Se taie vițele 1, 3, 5 şi II, IV, VI până la locul patronat, rămânând la capetele A şi B vițele 2, 4, 6 şi I, III, V. Se aduc față în față vițele capătului A cu capătul B (fig. 3.24). Se face o nouă patronare la capetele A şi B la distanța integrală de matisit pentru a împiedica dezrăsucirea vițelor şi se desface patronarea făcută întâi. Apoi se procedează în felul următor: vița 1 se desfăşoară în continuare, iar în locul ei se înfăşoară vița I. Partea rămasă liberă se taie. Se procedează la fel cu vițele 3 şi III, 5 şi V, tăindu-se în mod corespunzător. În acelaşi mod se procedează la matisirea vițelor 2, 4, 6 cu vițele II, IV, VI. După tăiere, cele 12 capete rămase libere trebuie îngropate, în locul inimii vegetale (fig. 3.25). Această operație se realizează prinzând parâma în menghină, iar

cu ajutorul cavilei care se introduce între vițele parâmei, se lărgeşte spațiul dintre ele pentru a înlocui inima vegetală cu capetele vițelor. După terminarea matiselii, parâma se bate cu două ciocane din lemn sau cupru, pentru a elimina spațiile rămase după operația de îngropare a capetelor vițelor.

Tabelul 3.3

Lungimea de matisire a parâmelor metalice funcție de diametrul parâmei

Diametrul parâmei [mm]	Lungimea de matisire [mm]	Diametrul parâmei [mm]	Lungimea de matisire [mm]
<15	6	33...36	16
15...19	8	37...40	18
20...22	9	41...50	20
23...25	10	51...60	22
26...28	12	61...65	24
29...32	14	66...70	32

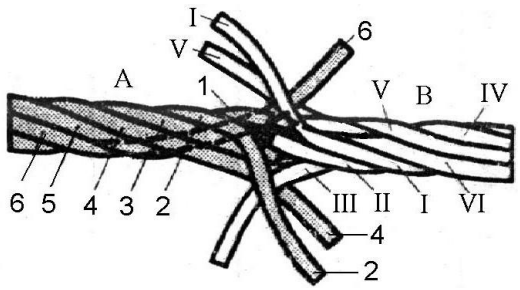


Fig. 3.24. Îndepărtarea vițelor pentru matisirea lungă.

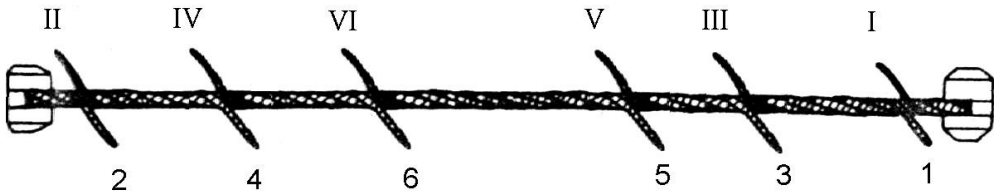


Fig. 3.25. Matisirea lungă înainte de îngroparea capetelor rămase libere.

Matisirea de ochi de salvare care este operația ce conduce la o matiseală care se execută făcând o gaşă în parâma metalică în care se fixează rodanța şi matisind vițele capătului parâmei metalice de vițele acesteia. Rolul rodanței este de a proteja gaşa parâmei de o uzură rapidă.

Rodanțele sunt inele din metal de formă ovală având un jgheab pentru trecerea parâmei. Acestea sunt nişte accesorii folosite ca apărători ale matiselii ochiurilor. Ele sunt din oțel, fontă sau bronz (tip uşor sau tip greu). Cele mai obişnuite tipuri de rodanțe sunt rodanțele în formă de inimă care pot fi de două tipuri: tip A pentru parâme metalice şi tip B pentru parâme vegetale şi sintetice (fig. 3.26). Rodanța de saulă este de formă triunghiulară. Rodanța de garlin este asemănătoare rodanței în formă de inimă, dar are colțurile retezate. Când două rodanțe sunt trecute una prin alta acestea se numesc rodanțe încârligate.

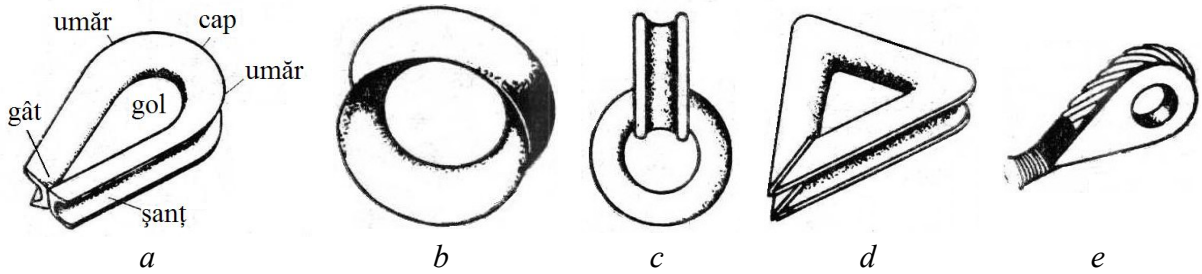


Fig. 3.26. Tipuri de rodanțe: *a* – rodanță în formă de inimă; *b* – rodanță rotundă; *c* – rodanță încârligată; *d* – rodanță cu inimă plină; *e* – rodanță de saulă.

Rodanțele tip A şi tip B sunt reglementate de către STAS 1261-78. În tabelele din acest standard se prezintă dimensiunile rodanțelor în formă de inimă care trebuie să fie alese în raport cu diferitele diametre ale parâmelor cuprinse între 4 mm şi 63 mm pentru parâme metalice şi între 6 mm şi 100 mm pentru parâme vegetale şi sintetice. De asemenea, în acest standard este prezentată şi capacitatea de ridicare a rodanțelor pentru ambele tipuri.

Matisirea de ochi de salvare se execută astfel: se patronează parâma metalică şi se fixează rodanța de parâmă cu sârmă moale (fig. 3.27).

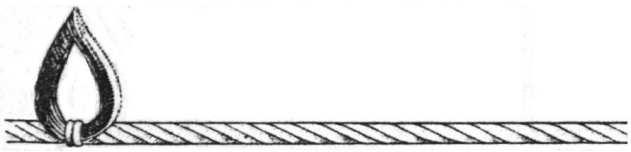


Fig. 3.27. Fixarea rodanței de parâmă metalică.

Gaşa în jurul rodanței se face folosind o menghină de matisit cu trei fălci mobile (fig. 3.28). Capătul parâmei care urmează să fie matisit are lungimile conform tabelului 3.4. Se îndepărtează patronarea şi se dezrăsucesc vițele parâmei metalice până la rodanță, tăindu-le inima vegetală (fig. 3.29).

Tabelul 3.4

Lungimea capătului de matisit al gaşei funcție de diametrul parâmei metalice

Diametrul parâmei metalice [mm]	Lungimea capătului de matisit [mm]
5...10	30
11..15	40
16...20	50
21...25	60
25	75
32	90
38	100

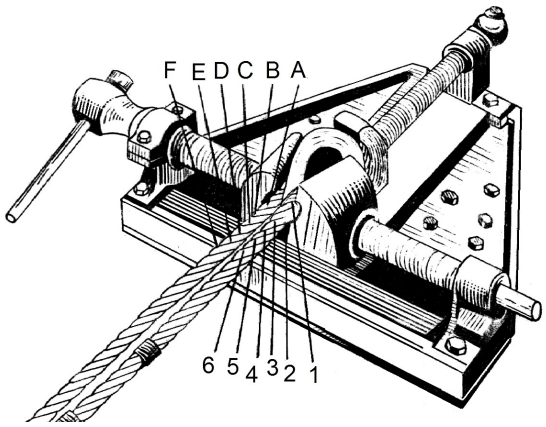


Fig. 3.28. Formarea gaşei în jurul rodanței.

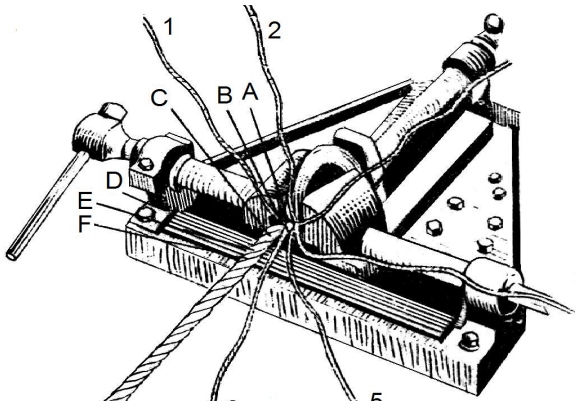
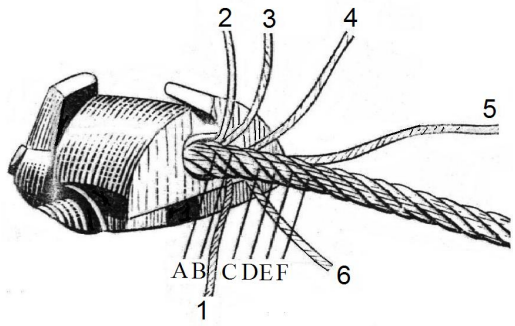
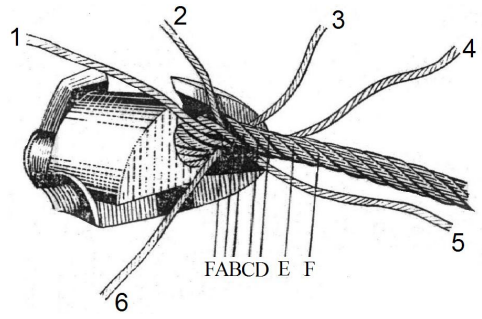


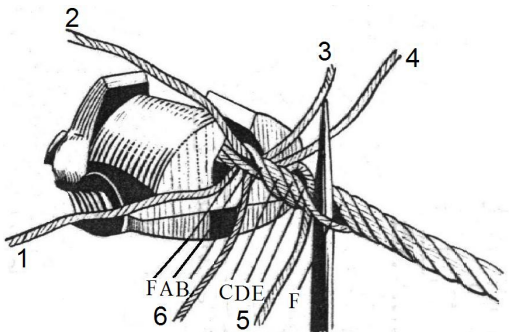
Fig. 3.29. Desrăsucirea vițelor parâmei metalice.



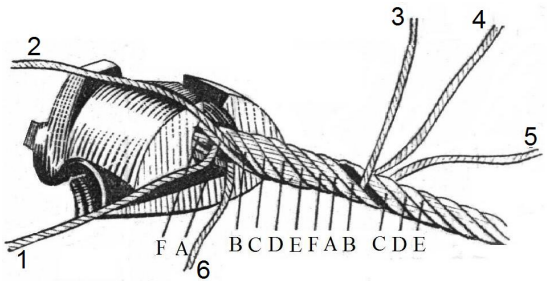
a



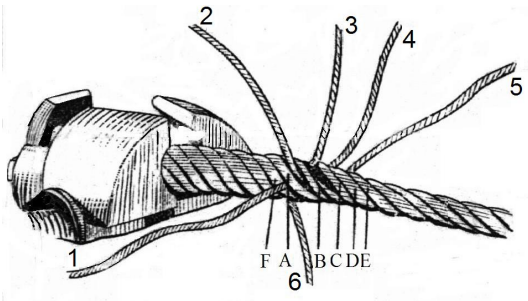
b



c



d



e

Fig. 3.30. Matisirea vițelor parâmei metalice: *a* – matisirea viței 1; *b* – matisirea vițelor 1, 2 şi 6; *c* – matisirea viței 5; *d* – poziția vițelor 3 ,4 şi 5; *e* – poziția vițelor 1...6.

Se îndreaptă vițele folosind ciocane din lemn sau cupru şi se numerotează vițele cu 1...6 respectiv A...F. Cu ajutorul unei cavile, se face un spațiu liber între vițele A şi B aproape de rodanță şi se introduce vița 1 care se scoate printre vițele A şi F (sub vița A) (fig. 3.30,*a*). Vița 2 se introduce între vițele B şi C şi se scoate printre vițele A şi B. Vița 6 se introduce între vițele A şi F şi se scoate printre vițele E şi F (fig. 3.30,*b*). Vița 5 se introduce între vițele E şi F şi se scoate pe sub vița E (fig. 3.30,*c*). Se introduce vița 4 printre vițele D şi E şi se scoate pe sub vița D, iar vița 3 se introduce între vițele C şi D şi se scoate pe sub vița C. Vițele 3, 4 şi 5 se mai trec încă de trei ori pe sub vițele respective ale parâmei (fig. 3.30,*d*). De asemenea, vițele 1, 2 şi 6 se trec încă de trei ori pe sub vițele A, B şi 4. În figura 3.30,*e* se arată poziția vițelor 1...6 după patru treceri pe sub vițele parâmei. La sfârşitul operațiunii, se obține o matiseală având forma unui con cu baza spre rodanță. Capetele rămase în afara matiselii, trebuie tăiate cât mai scurt. Matiseala se bate apoi cu ciocanul de lemn sau cupru. Pentru a împiedica desfacerea matiselii aceasta se înfăşoară folosind merlin (fig. 3.31) pe o lungime indicată în tabelul 3.5. În figura 3.32 se prezintă un ochi de salvare complet executat.

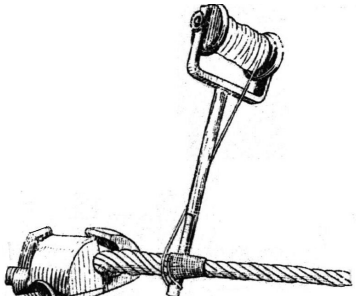


Fig. 3.31. Înfăşurarea porțiunii matisite.

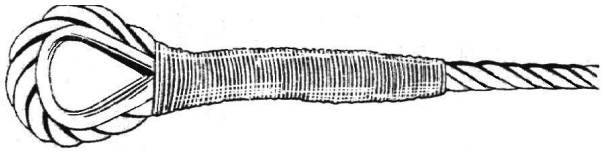


Fig. 3.32. Ochi de salvare complet executat.

Tabelul 3.5

Dimensiunile porțiunii matisite şi diametrul conului înfăşurării funcție de diametrul parâmei metalice

Diametrul parâmei [mm]	Lungimea matisită [mm]	Diametrul conului înfăşurării [mm]	
		Sus	Jos
8	190	20	12
10	250	22	15
12	290	25	20
15	350	30	25
20	390	40	30
25	400	45	35
28	600	55	38
30	850	65	40
35	925	70	45
40	1000	80	50

Gradul de utilizare în procente a sarcinii de rupere a parâmei metalice cu ochi de salvare în funcție de diametrul parâmei metalice este prezentat în continuare:

- pentru diametru <5 mm : 95%;
- pentru diametru 5...20 mm : 90%;
- pentru diametru 20...25 mmm : 85%;
- pentru diametru 25...30 mm : 80%;
- pentru diametru 35...50 mmm : 75%.

Formarea gaşei cu rodanță şi chei sugrumătoare se realizează prin prinderea capătului parâmei metalice cu mai multe chei sugrumătoare.

Cheile sugrumătoare sunt piese metalice cu care se realizează, în mod rapid, prinderea capătului unei parâme metalice la care s-a făcut o gaşă. Cele mai folosite sunt cheile simple rotunde (fig. 3.33). Acestea sunt prevăzute cu adâncituri speciale care se potrivesc ca mărime şi sens cu firele vițelor parâmelor metalice, asigurând prin strângere o frecare mai mare între cheie şi parâmă. În tabelul 3.6 sunt arătate dimensiunile cheilor, iar în tabelul 3.7 distanța şi numărul de chei care trebuie fixate în funcție de diametrul parâmei metalice. Ca regulă generală, distanța dintre chei se ia de cel puțin şase diametre de parâmă.

Tabelul 3.6

Dimensiunile de bază ale cheilor simple rotunde pentru parâme metalice

Diametrul parâmei [mm]	Dimensiunile cheii [mm]			
	A	B	F	H
3	5	20	25	20
6	8	45	45	25
8	8	45	45	25
10	10	50	45	25
11	11	60	55	30
12	12	65	60	35
14	12	70	65	35
15	14	75	65	35
20	14	85	70	35
22	15	90	75	40
25	20	110	85	50
28	20	120	90	55
30	22	135	110	60
38	25	165	120	60
42	25	165	120	60
44	25	180	130	65
58	30	225	155	70

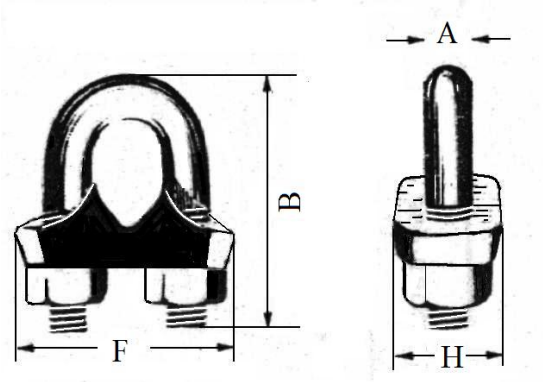


Fig. 3.33. Cheie simplă rotundă.

Tabelul 3.7

Dispunerea şi numărul necesar de chei sugrumătoare pentru parâme metalice

Diametrul parâmei [mm]	Distanţa dintre chei [mm]	Numărul de chei
5	30	2
7	35	2
8	50	2
10	55	2
11	60	3
12	75	3
15	100	3
20	110	4
22	130	4
25	150	4
28	175	5
32	200	5
35	225	5
38	250	5
40	250	6
45	275	6
48	300	7
50	300	7
55	350	8
60	375	8

Notă: Dacă se utilizează parâme metalice cu diametrul mai mare de 15 mm şi cu inimă metalică, numărul de chei sugrumătoare se măreşte cu unu.

Cheile trebuie strânse în mod uniform. La intervale de 10 zile, se controlează starea cheilor, iar la intervale de trei luni cheile se demontează pe rând şi se verifică starea parâmei de sub ele. Dacă se constată ruperi de fire, se face o nouă fixare a parâmei, iar cheile se mută pe locuri nedegradate.

În figura 3.34,*a* este arătată montarea corectă, iar în figura 3.34,*b* este prezentată montarea incorectă.

Operaţiunea se realizează în felul următor: se patronează capătul parâmei metalice; se fixează rodanţa pe parâmă (furca cheii trebuie să fie pe capătul scurt al parâmei); se formează gaşa şi se strânge pe rodanţă cu ajutorul menghinei cu trei fălci mobile; se fixează cheile strângându-se uşor cu o cheie fixă sau inelară.

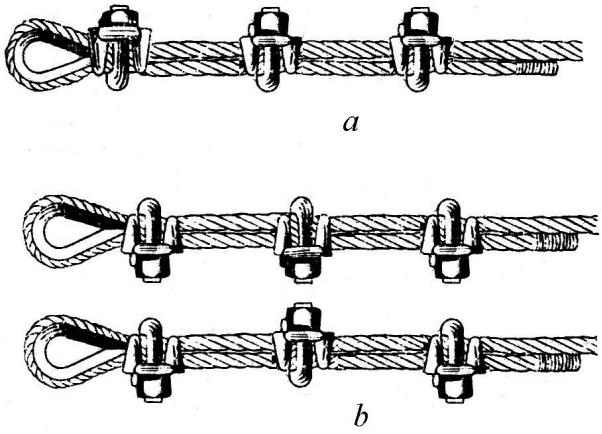


Fig. 3.34. Fixarea clemelor simple:
a – montare corectă;
b – montare greşită.

Matisirea talurit sau *matisirea cu rodanţă şi manşon* constă dintr-o armătură specială de aluminiu (manşonul) prin care se trece gaşa unei parâme metalice care se presează apoi cu ajutorul unei prese hidraulice de 5...10 tf. Acest tip de legătură este foarte rezistent pentru parâme metalice cu diametrul de 10...20 mm. Se execută rapid şi permite ca metalul armăturii să stea în jurul firelor fără a afecta răsucirea vițelor (fig. 3.35).

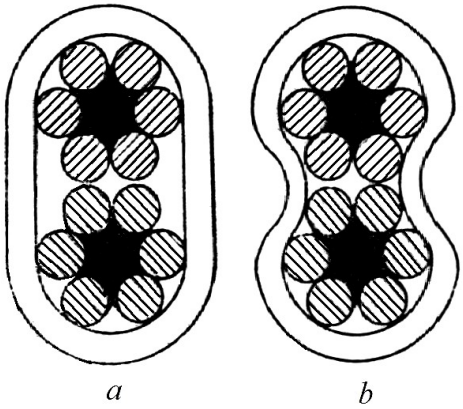


Fig. 3.35. Manşon presat din aluminiu:
a – înainte de presare; *b* – după presare.

Capătul de sârmă sau manşonul conic este o armătură metalică ce se fixează prin turnare de zinc topit pentru fixarea capătului unei parâme metalice (fig. 3.36).

Procedeul, dacă este corect executat şi cu materiale corespunzătoare, asigură folosirea rezistenței parâmei metalice până la 100%.

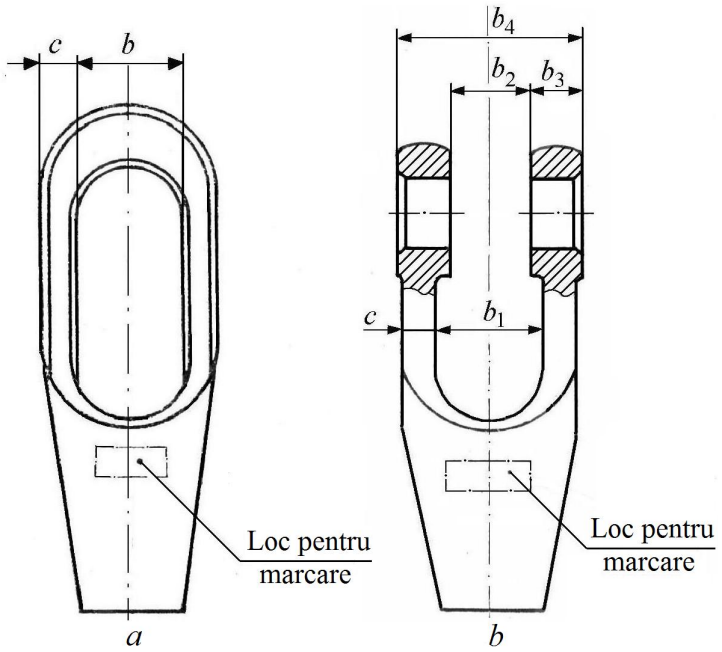


Fig. 3.36. Manşon conic pentru fixarea parâmei metalice prin turnare:
a – manşon cu ureche;
b – manşon cu furcă.

Operaţia se execută în felul următor (fig. 3.37): capătul parâmei se patronează şi se fixează în poziţie verticală în menghină; se taie inima până la patronare, după care firele viţelor se răsfiră în formă de mătură, apoi se îndreaptă şi se degresează prin spălare cu benzină, petrol sau motorină; se trece capătul de sârmă pe firele răsfirate.

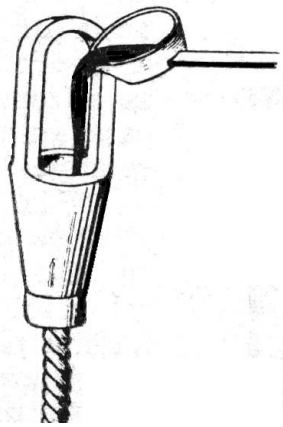


Fig. 3.37. Fixarea unui manşon conic la o parâmă metalică.

Capătul de sârmă trebuie să fie bine uscat (încălzit) pentru a se evita răcirea bruscă a metalului topit şi eventualele explozii cauzate de umezeală; se repartizează apoi uniform firele destrămate, în interiorul capătului de sârmă, după care se toarnă zincul topit. În tabelele din STAS 11347-79 sunt arătate dimensiunile capătului de sârmă cu ureche şi cu furcă în funcţie de diametrul parâmei metalice precum şi sarcina maximă admisibilă.

3.2.4. Întreţinerea şi conservarea parâmelor metalice

În procesul de exploatare, parâmele metalice sunt supuse acţiunii corozive a mediului de lucru (apă, umiditate) şi acţiunii abrazive a materialelor dure cu care vin în contact.

Rezistența şi duritatea parâmelor metalice depinde de întreținerea lor corectă. Atât timp cât stratul de zinc al parâmei rămâne intact, aceasta îşi păstrează calitățile. Petele de oxizi pot fi curățate cu o perie de sârmă după care parâma se unge cu o unsoare. Unsoarea se obține prin următorul amestec: 80% ulei de in fiert, 13% răşină uscată, 5% ceară curată şi 2% seu alb curat. Acest amestec se fierbe timp de cinci ore la temperatura de 180^0 C. Amestecul este uşor inflamabil. Parâmele metalice trebuie unse cu acest amestec la interval de 1…2 luni. În lipsa amestecului descris mai sus, se poate folosi ulei de in. În cazul în care parâma nu se foloseşte un timp mai îndelungat, se întrebuințează petrol brut sau o unsoare grea, cu puțin grafit, care se aplică caldă.

Dacă parâma va sta un timp mai îndelungat în apă, atunci se aplică un amestec de gudron mineral cu var stins în părți egale. Acesta se fierbe în prealabil şi se aplică cald. După folosire în apă sărată, parâmele metalice se spală cu apă proaspătă, apoi se ung cu unsoare.

Ungerea parâmelor din oțel urmăreşte două scopuri:

– aplicarea unei pelicule subțiri de lubrifiant între suprafețele de frecare ale elementelor parâmei, pentru a le uşura deplasarea în timpul exploatării;

– protecția parâmei împotriva pătrunderii în interiorul ei a unor elemente străine, solide, lichide sau gazoase.

Pentru soluționarea acestor probleme, trebuie unse patru părți ale parâmei: inima, spațiul dintre inimă şi vițe, spațiul dintre firele vițelor şi suprafața exterioară.

În mod practic, acestea se obțin prin operații de impregnare şi ungere a inimii, prin ungerea sârmelor în procesul de fabricare a vițelor şi prin ungerea suprafeței exterioare a parâmei în procesul de înfăşurare pe tambur.

În general, materialele de ungere trebuie să aibe calități optime cum ar fi: să aibe aderență, să pătrundă în interiorul vițelor, să poată fi aplicat în peliculă subțire şi netedă, să se solidifice repede, să nu se volatilizeze, să nu se dizolve în apă, să nu devină fragil la variații mari de temperatură şi umiditate, să nu se descompună în prezența mediilor corozive etc.

La înfăşurarea şi desfăşurarea parâmelor metalice de pe colaci sau tobe, trebuie evitată formarea de bucle. În figura 3.38,*b* se prezintă modul incorect de desfăşurare al parâmei metalice. În acest mod, parâma se deteriorează scăzându-i brusc din durabilitate. Desfăşurarea corectă este arătată în figura 3.38,*a*, unde parâma metalică este desfăşurată în plan vertical.

Fig. 3.38. Desfăşurarea unei parâme metalice de pe colac:
a – modul corect; *b* – modul incorect,

Desfăşurarea corectă a parâmelor metalice de pe tobă sau tambur este arătată în figura 3.39,*a*. Atunci când se desfăşoară parâme metalice de pe colaci sau de pe tobe, trebuie evitată formarea de bucle.

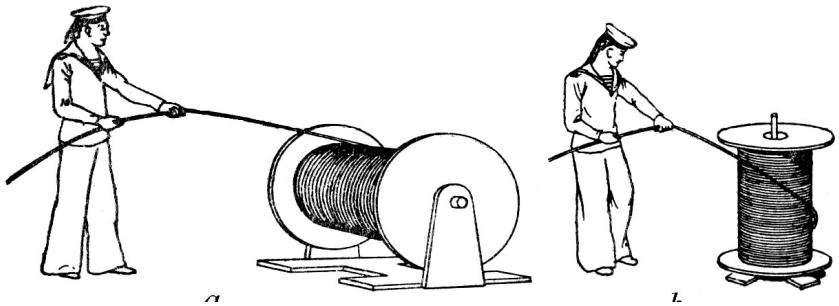


Fig. 3.39. Desfăşurarea parâmelor metalice de pe tambur:
a- de pe tambur orizontal; *b* – de pe tambur vertical.

Tobele şi tamburii cu parâme metalice se păstrează la loc uscat şi aerisit.

Parâmele metalice trebuie controlate periodic, cel puțin o dată la trei luni. Pentru aceasta se deschid parâmele folosind o cavilă de matisit şi se verifică inima şi şuvițele dacă au miros de umezeală sau de ulei.

Controlul mai poate fi efectuat şi prin perierea parâmei în zonele cu oxidare şi îndoind parâma în acele locuri; dacă un fir de sârmă se rupe înseamnă că parâma este defectă.

Parâmele metalice nu trebuie să prezinte fire rupte. Dacă pe o lungime egală cu opt diametre sunt rupte mai mult de 10% din fire, se consideră că parâma a pierdut din rezistența inițială şi trebuie înlocuită.

3.2.5. Comparație între parâmele vegetale şi sintetice şi parâmele metalice

Parâmele metalice din sârmă de oțel sunt mai greu de manevrat decât cele vegetale, necesitând totodată o manevrare mai îngrijită. Parâmele vegetale sunt mai puțin durabile decât cele din sârmă. La rezistență egală parâmele din sârmă sunt mai uşoare decât parâmele vegetale şi au un diametru mai mic.

Raportul de rezistență, la grosime egală, dintre parâmele vegetale şi cele din sârmă este, pentru cele rigide de 1/2, iar pentru cele flexibile de 1/3. Astfel, o parâmă din cânepă poate fi înlocuită cu una metalică rigidă cu un diametru de două ori mai mic sau cu una metalică flexibilă cu un diametru de trei ori mai mic. În plus, prin folosirea parâmelor de sârmă se obține şi o economie de greutate de circa 50%. Parâmele din sârmă prezintă şi unele dezavantaje care fac ca, în anumite cazuri, să fie necesară folosirea parâmelor vegetale care sunt mai elastice, mai flexibile, mai uşor de manevrat şi de lucrat.

În general, parâmele metalice se folosesc la manevre fixe şi curente care trebuie să suporte solicitări mari, iar parâmele vegetale şi sintetice se folosesc la manevre curente unde se cere mare elasticitate şi unde parâmele trebuie să poată fi uşor de manevrat.

3.3. LANȚURI

În comparație cu parâmele metalice, *lanțurile* prezintă o serie de avantaje cum ar fi: insensibilitate mai mare la căldură şi la agenți corozivi, precum şi flexibilitate sporită.

Pentru unele lucrări sub apă, lanțurile sunt de preferat parâmelor metalice. Aceasta deoarece lanțurile au o mai mare aderență decât parâmele metalice în special la obiecte de formă cilindrică cum ar fi o porțiune de conductă sau dintr-o structură (platformă). De asemenea, peste margini ascuțite sau peste colțuri, lanțurile pot fi folosite în locul parâmelor metalice.

Lanțurile sudate sunt formate din zale de formă ovală, construite din oțel rotund şi îmbinate prin sudare cap-la-cap. Se folosesc două tipuri de lanțuri sudate:

– *lanțuri cu zale lungi* utilizate pentru transport continuu;
– *lanțuri cu zale scurte* utilizate pentru mecanisme de ridicat.

Pentru activități subacvatice, cel mai folosit tip de lanțuri îl reprezintă lanțurile cu zale scurte sau lanțurile industriale (fig. 3.40).]

În STAS 7951-87 sunt prezentate caracteristicile geometrice ale lanțurilor cu zale sudate scurte şi forțele de calibrare şi rupere funcție de diametrul nominal.

Lanțurile prezintă şi o serie de dezavantaje cum ar fi: siguranță redusă în exploatare deoarece ruperea lanțului are loc brusc, durată de serviciu redusă datorită uzurii mai rapide la suprafața de contact dintre două zale, greutate proprie mare, funcționare neuniformă cu şocuri, precum şi viteză de manevrare redusă.

Lanțurile cu zale sudate sunt considerate uzate şi se scot din întrebuințare dacă zalele acestora sunt îndoite, deformate, turtite, alungite, fisurate, dacă s-au întins cu mai mult decât 5% din lungimea lor inițială sau dacă uzura, chiar şi a unei singure zale, depăşeşte procentul de 20% din diametrul inițial al zalelor. În tabelul 3.8 sunt prezentate dimensiunile şi sarcina maximă corespunzătoare lanțurilor pentru prinderea sarcinilor (sapane de lanț) (fig. 3.41).

După întrebuințare în apă, lanțurile se spală cu apă dulce curată şi apoi se spală cu petrol.

Tabelul 3.8

Diametrul şi sarcina maximă corespunzătoare pentru sapane (lanțuri pentru prinderea sarcinilor)

Diametrul nominal [mm]	Sarcina maximă [kg]				
	1	2		3,4	
	Vertical	$\alpha = 90^0$	$\alpha = 120^0$	$\alpha = 90^0$	$\alpha = 120^0$
7	450	630	450	945	675
9	800	1120	600	1680	1200
11	1120	1570	1125	2350	1680
14	1825	2550	1825	3830	2730
18	3150	4410	3150	6615	4720

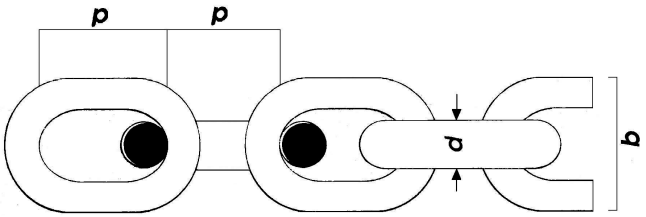


Fig. 3.40. Lanț cu zale sudate scurte.

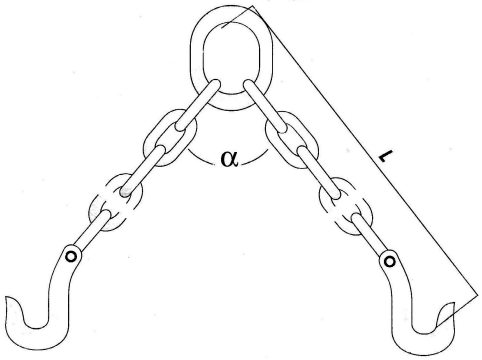


Fig. 3.41. Sapane de lanț.

3.4. ACCESORII: CHEI DE ÎMPREUNARE, ÎNTINZĂTOARE, CÂRLIGE, INELE, OCHIURI, ZBIRURI, BOȚURI, VINCIURI SPANIOLE

În cadrul diverselor lucrări subacvatice efectuate cu scafandri, sunt extrem de rare operațiunile în care scafandrii să nu folosească diverse accesorii ale parâmelor şi lanțurilor. În continuare sunt prezentate principalele accesorii utilizate cum ar fi: chei de împreunare, întinzătoare, cârlige, inele, ochiuri, zbiruri, boțuri şi vinciuri spaniole.

a. Chei de împreunare

Cheile de împreunare sau *cheile de tachelaj* sunt piese metalice în formă de U folosite la prinderea a două parâme sau lanțuri şi, de asemenea, la ataşarea acestora de cârlige, macarale etc.

Cheile de împreunare pot fi de mai multe tipuri şi anume (fig. 3.42): cu bulon filetat, cu țâțână, rotundă, dreaptă ştemuită, dreaptă, Kenter.

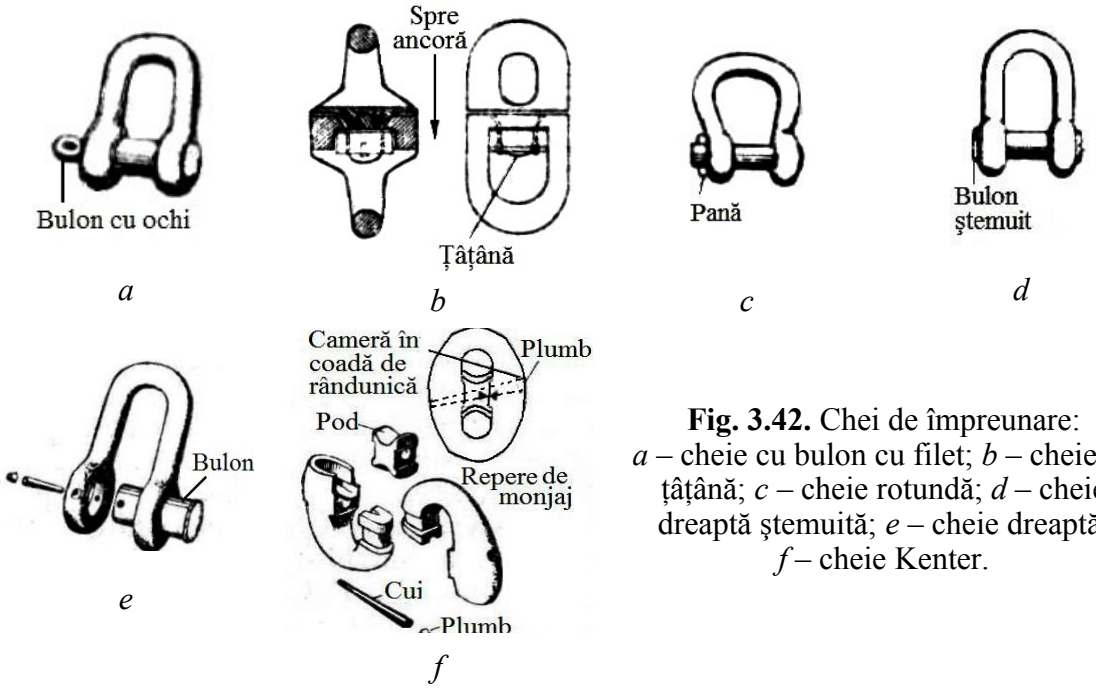


Fig. 3.42. Chei de împreunare:
a – cheie cu bulon cu filet; *b* – cheie cu țâțână; *c* – cheie rotundă; *d* – cheie dreaptă ştemuită; *e* – cheie dreaptă; *f* – cheie Kenter.

La calibru egal, cheile sunt mai rezistente decât cârligele. Diametrul furcii se numeşte calibru.

Părţile componente ale unei chei sunt (fig. 3.43): capul (partea curbată), fălcile (părţile laterale terminate cu urechi cu ochiuri), gura (deschiderea cheii), bulon (filetat sau nu) cu piuliţă şi golul cheii (spaţiul din interior).

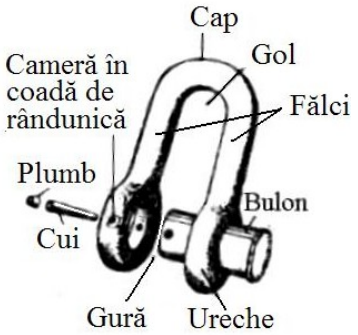


Fig. 3.43. Părţile componente ale unei chei.

Rezistenţa la rupere a cheilor depinde de mărimea acestora, dar mai ales de diametrul furcii (calibrul) măsurat la cap. În STAS 1108-84 sunt prezentate mărimile şi sarcinile maxime de lucru pentru cheile de tachelaj rotunde şi drepte.

Coeficientul de securitate pentru aproape toate tipurile de chei de împreunare este 6. Cheile de împreunare trebuie să fie din când în când demontate, curăţate şi unse.

b. **Întinzătoare**

Întinzătoarele sunt accesorii utilizate pentru întinderea manevrelor fixe şi pot fi simple sau duble. Întinzătoarele sunt alcătuite fie din două tije filetate în sens invers care se înşurubează într-un tub filetat (manşon), fie din două manşoane şi o tijă filetată pe jumătate într-un sens iar pe cealaltă jumătate în sens invers. Întinzătoarele sunt prevăzute la capetele exterioare cu ochiuri sau cârlige pentru prinderea manevrelor fixe (fig. 3.44). Întinzătoarele pot fi de două feluri, cu cârlig şi cu furcă. În STAS 1104-80 sunt date dimensiunile întinzătoarelor cu furcă, sarcina maximă de lucru şi masa în funcţie de diametrul parâmei metalice.

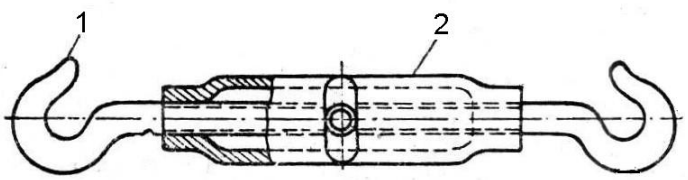


Fig. 3.44. Întinzător: 1– cârlig; 2– corp.

c. **Cârlige**

Cârligele sunt piese metalice încovoiate având o sarcină de lucru mult mai mică decât a cheilor de împreunare. Cârligele pot fi de mai multe tipuri (fig. 3.45): simple, cu carabinieră, cu ţâţână, cu ochi, de încărcare etc.

Părțile componente ale unui cârlig sunt (fig. 3.46): ciocul (extremitatea ascuțită), ochiul, capul (partea încovoiată), spatele (între cap şi ochi), gura (între spate şi cioc) pe unde se introduce parâma şi golul (între ochi şi spate) unde se aşează parâma. Calibrul unui cârlig este valoarea diametrului secțiunii cârligului la cap. Cârligele simple sunt standardizate conform STAS 1944-88, iar cârligele cu ochi conform STAS 8474-87 unde sunt date capacitatea de ridicare, sarcina nominală şi forța de încercare în funcție de mărimea cârligelor.

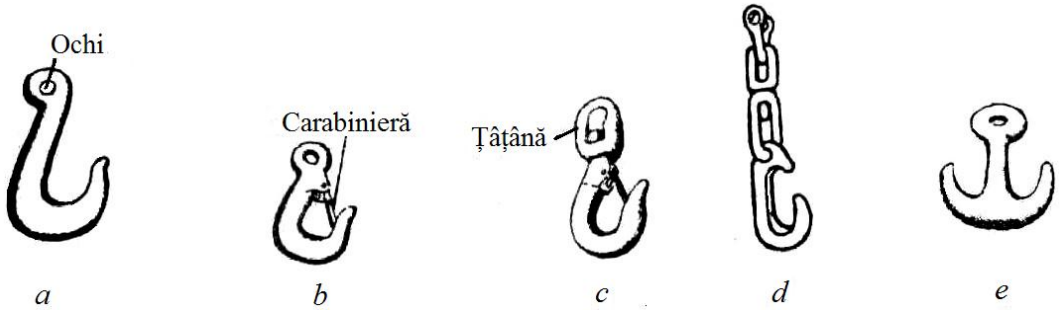


Fig. 3.45. Tipuri de cârlige: *a* – cârlig simplu; *b* –cârlig cu carabinieră; *c* – cârlig cu țâțână; *d* – cârlig de încărcare; *e* – cârlig dublu.

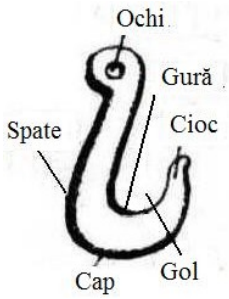


Fig. 3.46. Părțile componente ale unui cârlig.

d. **Inele şi ochiuri**

Inelele şi ochiurile (fig. 3.47) sunt cercuri din metal având o prelungire filetată numită şurubul inelului sau găuri pentru şuruburi, fixându-se astfel în punte sau altă structură din lemn sau metal pentru agățarea cârligelor, prinderea unei macarale etc. Ochiurile sunt fabricate dintr-o singură bucată.

În STAS 3186-77 sunt standardizate inelele de ridicare.

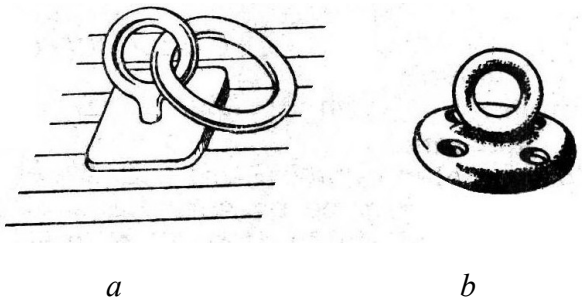
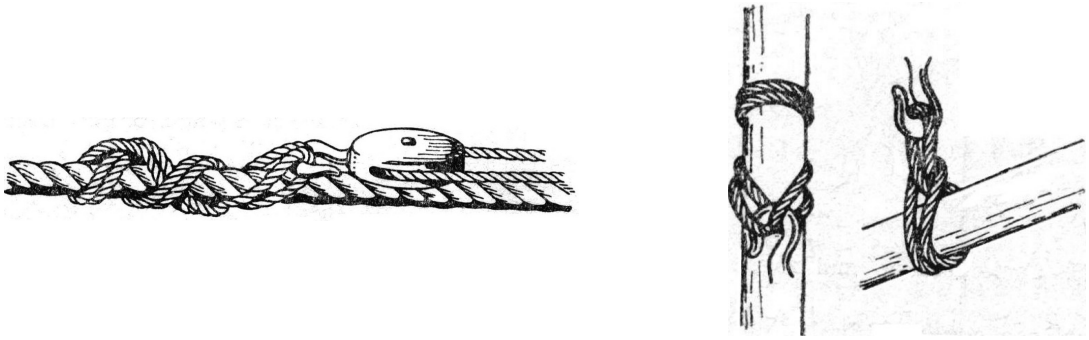


Fig. 3.47. Inele şi ochiuri: *a* – inel; *b* – ochi.

e. **Zbiruri**

Zbirurile (fig. 3.48) se folosesc pentru legarea unui palanc la un şcondru sau la o parâmă. Zbirurile pentru parâme vegetale se fac tot din parâme vegetale, iar zbirurile pentru parâme din oţel se fac din lanţuri.



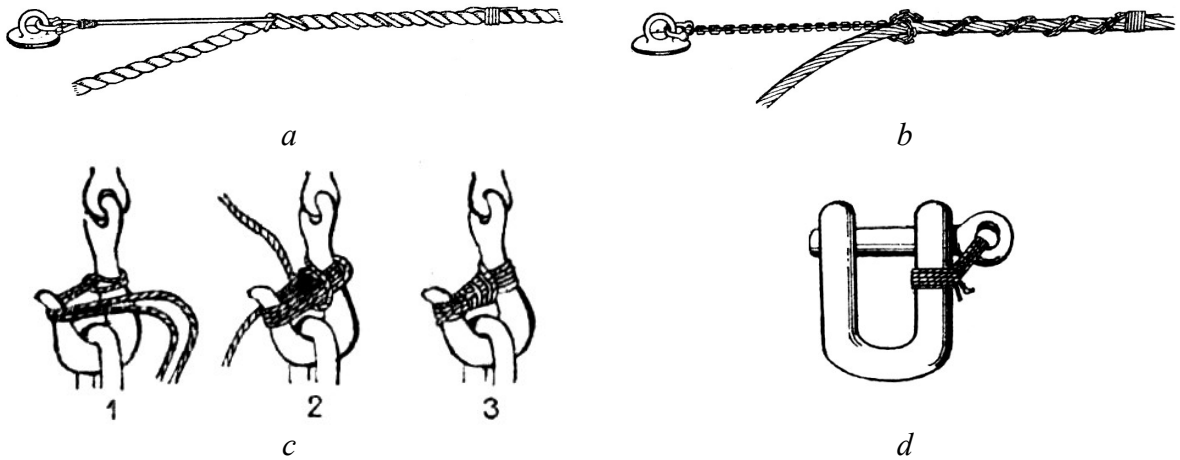
a *b*

Fig. 3.48. Aşezarea unui zbir: *a* – pe o parâmă; *b* - pe un şcondru.

f. **Boţuri**

Boţurile sunt capete de parâmă sau de lanţ cu care se asigură o parâmă vegetală sau din oţel. Boţurile pentru parâme vegetale se fac din parâme vegetale ce au la un capăt un cârlig sau o rodanţă, iar boţurile pentru parâme metalice se fac din lanţuri.

Boţarea este operaţia de fixare a unei parâme sau a unui lanţ folosind un boţ (fig. 3.49). Pentru parâme vegetale, boţarea se efectuează în sensul de răsucire al parâmei, iar pentru parâmele metalice boţarea se face în sens invers răsucirii. Boţarea unui cârlig se face prin închiderea gurii acestuia cu o legătură, iar boţarea unei chei se face prin asigurarea bulonului.



a *b*

c *d*

Fig. 3.49. Tipuri de boţări: *a* – boţare a unei parâme vegetale sau sintetice; *b* – boţarea unei parâme metalice; *c* – boţarea unui cârlig; *d* – boţarea unei chei.

g. **Boţ Carpenter**

Boţul Carpenter (fig. 3.50) este un boţ de construcţie specială format dintr-un ansamblu de două sau mai multe capete de parâmă metalică matisite sau dintr-un lanţ

numit labă de gâscă, care se prinde la un capăt de un inel prin intermediul unei chei. La celălalt capăt are o cutie prin care intră o pană prevăzută cu caneluri potrivite parâmei metalice ce se boțează. Pana se asigură cu un șurub de fixare. În momentul în care cutia se închide, pana blochează parâma metalică, împiedicând-o de a se mai fila. Boțul Carpenter se folosește numai pentru boțarea parâmelor metalice.

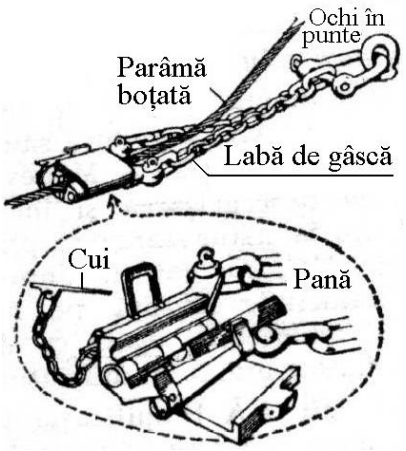


Fig. 3.50. Boț Carpenter.

h. **Vinci spaniol**

Vinciul spaniol este un dispozitiv improvizat cu ajutorul căruia se apropie două parâme sau un zbir, aplicându-se o forță de rotație prin intermediul unei cavile (fig. 3.51).

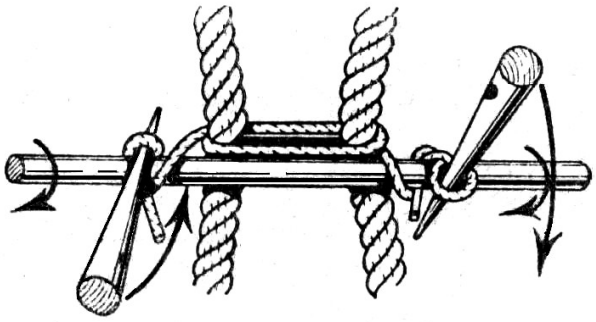


Fig. 3.51. Vinci spaniol.

4.

MACARALE, PALANCURI ŞI VINCIURI

Macaralele şi *palancurile* sunt mecanisme din categoria instalațiilor de ridicat utilizate în aproape orice lucrare tehnică cu scafandri fie sub apă, fie la suprafață, pe nava-suport, pe barjă sau la cheu.

Toate tipurile de macarale şi palancuri se supun normelor de reglementare stabilite de ISCIR pentru instalații de ridicat.

4.1. MACARALE. TIPURI DE MACARALE

Macaralele sau *scripeții* sunt mecanisme utilizate atât pentru demultiplicarea unei forțe, cât şi pentru schimbarea direcției unei parâme. Macaralele pot fi din lemn sau metal. Cele din lemn sunt standardizate şi sunt cuprinse în STAS 4025-79.

Părțile componente ale unei macarale simple sunt prezentate în continuare (fig. 4.1). Astfel, o macara este alcătuită dintr-un corp de cutie de lemn sau oțel numit căpățână, de formă aproximativ ovală, în care se roteşte o roată canelată, numită rai, în jurul unui ax numit osie. Macaraua este susținută de un zbir care se termină cu o rodanță, un ochi, o cheie sau un cârlig. După numărul de raiuri, macaraua poate fi simplă, dublă, triplă etc. Zbirul poate fi simplu sau dublu, metalic sau vegetal, interior sau exterior. Partea de sus a macaralei se numeşte cap, iar cea de jos coadă. Unele macarale au la coadă un ochi sau o cheie la care se leagă capătul fix al parâmei care trece prin macara. Căpățâna este formată din două fețe, separate sus şi jos prin tocuri. La macaralele din lemn fețele sunt fixate de tocuri prin cuie de aramă. La macaralele cu mai multe raiuri, acestea sunt separate între ele prin pereți intermediari. Spațiul dintre doi pereți intermediari se numeşte fereastră. Raiul are o gaură întărită cu un inel din oțel sau aramă numit degetar, prin care trece osia. Îndoitura degetarului, care îl fixează pe rai se numeşte buză. Raiurile din oțel sau bronz au un canal numit lumină care serveşte la ungere. Partea cuprinsă între raiuri şi tocul de la cap, pe unde intră sau iese parâma, se numeşte gât, iar partea dintre raiuri şi tocul de la coadă, pe unde nu trece parâma, se numeşte tăietură. Unele macarale sunt prevăzute cu rulmenți cu bile pentru a micşora frecarea pe osie.

Macaralele din lemn sunt construite din lemn de ulm, iar raiul se execută din lemn de esență foarte tare, teck sau gaiac. La macaralele mari raiul se execută din bronz.

Macaralele metalice sunt în general din oțel. Macaralele din oțel sunt mai solide şi mai durabile decât cele din lemn. Pentru acest motiv, macaralele metalice sunt preferate celor din lemn, în special la manevrele de forță. Pentru parâme metalice se folosesc exclusiv macaralele metalice, iar pentru parâme vegetale se folosesc macaralele metalice sau din lemn, cu raiuri din lemn sau bronz.

Clasificarea macaralelor se poate face după numărul raiurilor (simple, duble, triple etc.), după grosimea raiului, după diametrul raiului şi după modul de suspendare (prin cârlig, cheie etc.).

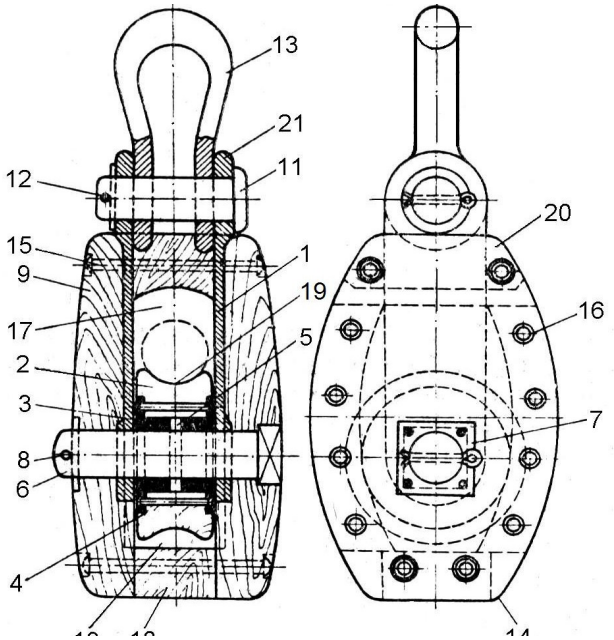


Fig. 4.1. Părţile componente ale unei macarale: 1– zbir interior din oţel; 2– rai din lemn; 3– degetar; 4– buză; 5– lumină; 6– osie; 7– placă; 8– cuiul spintecat al osiei; 9– faţă; 10– toc; 11– bolţ; 12– cuiul spintecat al bolţului; 13– cheie; 14– coadă; 15– cuie din aramă; 16– rondelă din aramă; 17– gât; 18– tăietură; 19– şanţul raiului; 20– cap.

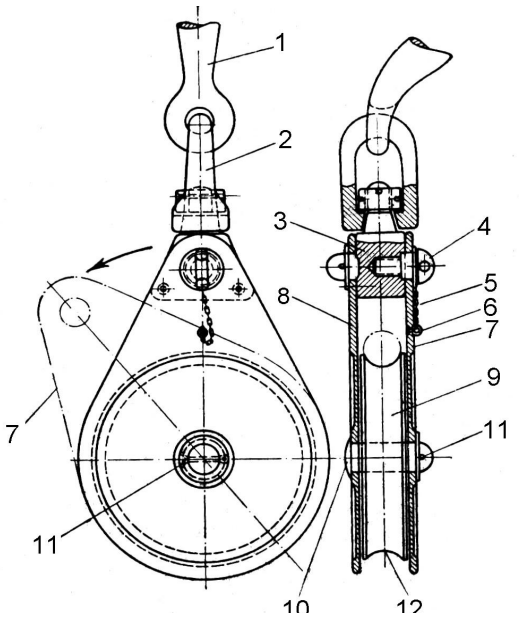


Fig. 4.2. Pastică: 1– cârlig; 2– cheie cu ţâţână; 3– toc; 4– şurub de închidere; 5– lănţişor; 6– ochi pentru lănţişor; 7– faţă mobilă; 8- faţă fixă; 9– rai din oţel sau bronz; 10– osie; 11– cui spintecat; 12– şanţul raiului.

Un tip de macara este macaraua numită galoş care are una dintre feţe tăiată pentru a se putea garnisi (a se trece dublinul unei parâme).

Un alt tip de macara îl reprezintă, macaraua numită pastică care este o macara tip galoş ce are un cârlig prevăzut cu ţâţână (fig. 4.2).

4.2. PALANCURI. CLASIFICAREA PALANCURILOR

Palancurile sunt mecanisme utilizate pentru multiplicarea forţei cu schimbarea direcţiei de acţionare a acesteia. Palancul este compus din una sau mai multe macarale cu unul sau mai multe raiuri prin care trece o parâmă numită curent. Capătul curentului pe care se exercită forţa se numeşte trăgător, iar celălalt capăt fixat la macara, se numeşte capăt fix sau stătător.

Numărul de raiuri ale palancului este invers proporţional cu mărimea forţei aplicate pentru ridicarea greutăţilor.

Părţile componente ale unui palanc sunt (fig. 4.3):

– *macaraua fixă* (sfârcul) prevăzut cu un cârlig şi care se prinde de un inel, ochi sau parâmă;

– *macaraua mobilă* prevăzută, de asemenea, cu un cârlig şi cu care se ridică greutăţile;
– *curentul* care este parâma ce trece prin macarale;
– *trăgătorul* care este capătul liber al parâmei de care se trag greutăţile;
– *capătul fix* sau stătător care este capătul fixat la macara.

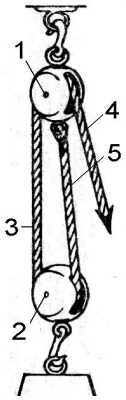


Fig. 4.3. Părţile componente ale unui palanc:
1– macaraua fixă; 2– macaraua mobilă;
3– curentul; 4– trăgătorul; 5– capătul fix.

Clasificarea palancurilor se poate face în funcţie de numărul macaralelor şi al raiurilor aflate în componenţa palancurilor, acestea putând fi: mandar simplu, mandar dublu, palanc de tun, palanc simplu, palanc dublu, macara alunecătoare, palanc alunecător, caliornă, palanc mecanic cu lanţ articulat, palanc diferenţial etc. În continuare sunt prezentate, pe scurt, aceste tipuri de palancuri utilizate la foarte multe lucrări cu scafandri.

Mandarul simplu (fig. 4.4,*a*) este cel mai simplu palanc fiind format dintr-o macara fixă şi o parâmă. Acesta se foloseşte pentru ridicarea de greutăţi mici.

Mandarul dublu (fig. 4.4,*b*) este palancul format dintr-o macara fixă, una mobilă şi o parâmă fixată la un capăt de un şcondru.

Palancul de tun (fig. 4.4,*c*) este format din două macarale simple, curentul fiind legat la una din macarale.

Palancul simplu (fig. 4.4,*d*) este un palanc format dintr-o macara simplă şi una dublă, având parâma fixată la macaraua simplă (inferioară).

Palancul dublu (fig. 4.4,*e*) este format din două macarale duble şi o parâmă fixată la macaraua superioară.

Macaraua alunecătoare (fig. 4.4,*f*) este formată dintr-o macara simplă care alunecă pe un curent.

Palancul alunecător (fig. 4.4,*g*) este o combinaţie de palanc cu o macara alunecătoare.

Caliorna (fig. 4.4,*h*) este un palanc format dintr-o macara triplă şi una dublă, din două macarale triple sau din două macarale cu mai mult de trei raiuri.

În folosirea acestor palancuri, forţa necesară ridicării unei greutăţi este invers proporţională cu numărul curenţilor de la macaraua mobilă de care se leagă greutatea de ridicat. De aceea, aceasta trebuie să aibă cel mai mare număr de raiuri. În timpul ridicării are loc şi o acţiune de frecare, care reprezintă o pierdere de 10% pentru fiecare rai.

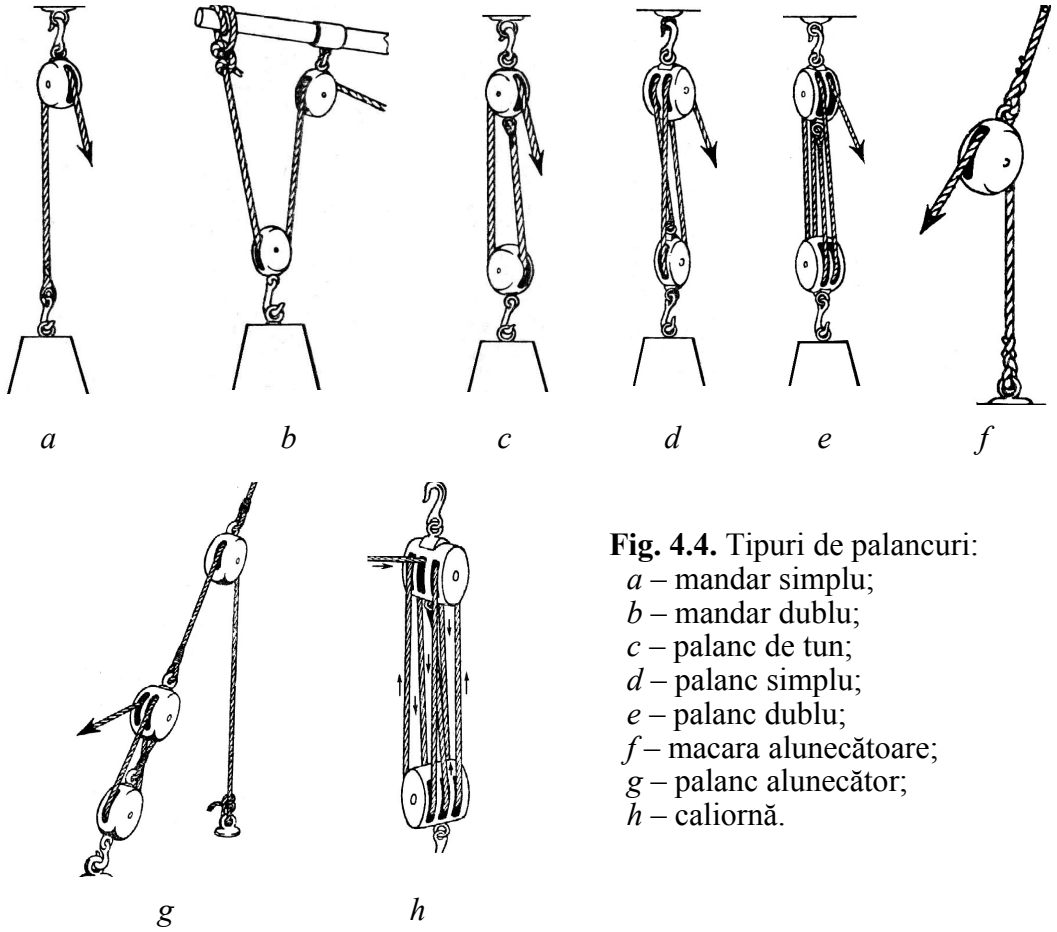


Fig. 4.4. Tipuri de palancuri:
a – mandar simplu;
b – mandar dublu;
c – palanc de tun;
d – palanc simplu;
e – palanc dublu;
f – macara alunecătoare;
g – palanc alunecător;
h – caliornă.

Viteza de ridicare este invers proporţională cu numărul de curenţi. Astfel, cu cât numărul de curenţi este mai mare, cu atât viteza de ridicare este mai mică.

Palancul mecanic cu lanţ articulat (fig. 4.5) este acţionat manual, cu pârghie. Acesta este format din macarale metalice cu roţi dinţate sau şuruburi fără sfârşit şi dintr-un clichet cu arc, curentul fiind constituit din lanţuri simple. Cu acestea, greutatea acţionată de pârghie rămâne la înălţimea la care a fost ridicată. Avantajele folosirii palancurilor cu lanţ articulat sunt: economia mai mare a forţei de tracţiune, necesarul redus de operatori, simplitatea în folosire, în special în locuri înguste şi asigurarea deplasării sarcinii şi pe orizontală precum şi a tractării şi asamblării de piese sub apă (fig. 4.6).

Palancul diferenţial (fig. 4.7), face parte din categoria palancurilor mecanice şi se compune din două raiuri cu raze diferite (r_1 şi r_2), solidar legat de acelaşi ax şi dintr-o macara alunecătoare care garniseşte un lanţ fără sfârşit. Dacă se trage de partea care iese de pe raiul cu raza mai mare, se desfăşoară mai mult lanţ decât se înfăşoară pe raiul cu raza mai mică şi deci greutatea se ridică. Forţa necesară pentru ridicare este dată de relaţia:

$$F = \frac{G}{2} \frac{r_1 - r_2}{r_1},$$

unde F este forţa de ridicare necesară, G greutatea de ridicat, iar r_1 şi r_2 sunt razele celor două raiuri.

Palancul diferențial este folosit pe scară largă datorită puterii sale mari de ridicare, deoarece nu se filează atunci când se lasă trăgătorul liber şi cu el se poate vira şi fila foarte puțin.

Fig. 4.5. Palanc mecanic cu lanț articulat.

Fig. 4.6. Scafandru utilizând un palanc mecanic cu lanț.

Fig. 4.7. Palanc diferențial.

4.2.1. Condițiile de echilibru ale palancurilor

Fie un palanc a cărui macara mobilă este susținută de n curenți şi care trebuie să ridice o greutate G. Fiecare curent va suporta o greutate:

$$G_1 = \frac{G}{n}.$$

Un palanc se spune că este folosit în mod avantajos atunci când trăgătorul iese din macaraua mobilă şi în mod dezavantajos atunci când trăgătorul iese din macaraua fixă. Pentru a se obține un câştig mare de forță palancurile se pot monta în serie (fig. 4.8).

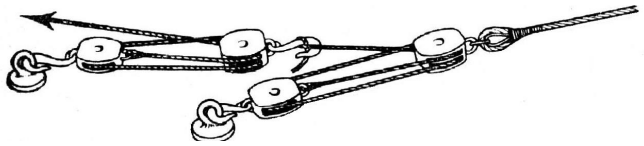


Fig. 4.8. Palancuri montate în serie.

Forța necesară este dată de relația:

$$F = \frac{G}{m\,n},$$

unde m şi n reprezintă numărul de curenți care susțin macaraua mobilă a celor două palancuri, iar G este greutatea de ridicat.

În practică, se pot utiliza următoarele relații: pentru mandar simplu $F/G = 11/10$, pentru mandar dublu $F/G = 12/20$, pentru palanc simplu $F/G = 13/20$, pentru palanc dublu $F/G = 14/40$, iar pentru caliornă $F/G = 15/50$ (o macara dublă şi una triplă).

4.2.2. Calculul practic al palancurilor

Pentru calculul practic al palancurilor se folosesc mai multe formule după cum urmează:

– pentru determinarea circumferinței curentului, efortul din curent se calculează cu relația:

$$N = \frac{G + \frac{n\,G}{10}}{m},$$

unde n este numărul de raiuri prin care trece curentul, G greutatea de ridicat, iar m numărul de curenți;

– pentru determinarea greutății se calculează mai întâi sarcina de siguranță a unui curent cu circumferința C, după care se calculează G cu formula:

$$G = \frac{10\,m\,N}{10 + n}.$$

În tabelul 4.1 se arată câştigurile de forță pentru diferite palancuri, în ipoteza că frecarea şi ceilalți factori reprezintă 1/10 respectiv 1/8 din greutatea de ridicat. Factorul 1/10 se ia în cazul în care se foloseşte un palanc foarte bun cu parâme noi, iar factorul 1/8 se ia atunci când palancul şi parâma au o uzură medie.

4.3. VINCIURI

Vinciurile reprezintă nişte mecanisme deosebit de utile în multe din lucrările efectuate sub apă, lucrări care necesită ridicare sau tragere pe direcție orizontală sau pe direcție oblică. Vinciurile utilizate la lucrările subacvatice pot fi vinciuri acționate pneumatic, cu aer comprimat livrat de un compresor de joasă presiune sau vinciuri acționate hidraulic. În figura 4.9 se prezintă un vinci pneumatic cu părțile componente.

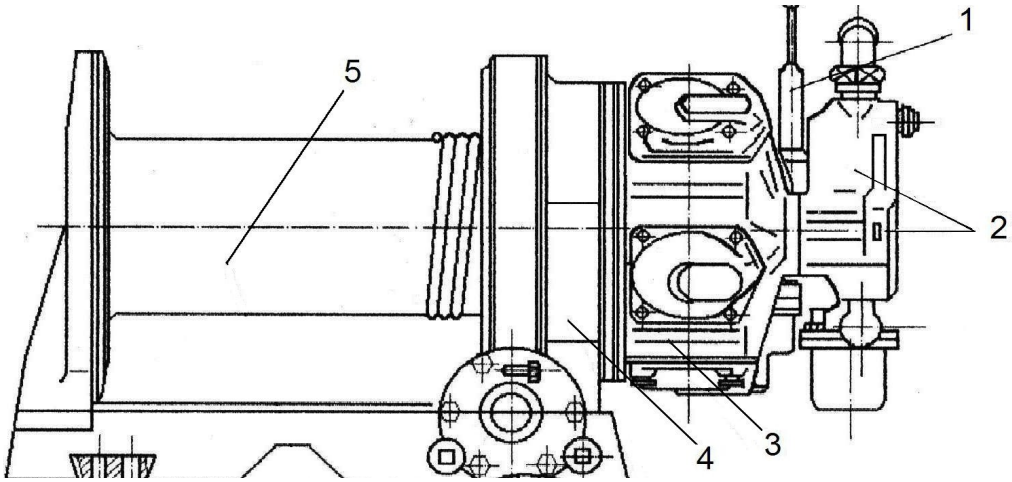


Fig. 4.9. Vinci pneumatic: 1– sistem de alimentare exterior;
2– sistem de alimentare interior; 3– motor pneumatic; 4– reductor de turație; 5– tobă.

Vinciul acționat pneumatic este prevăzut, pentru siguranța în funcționare, cu un mecanism cu clichet şi cu o frână cu bandă.

Tabelul 4.1

Câştigurile de forţă pentru diferite palancuri

Palancul	$\frac{1}{10}G$	$\frac{1}{8}G$	Palancul	$\frac{1}{10}G$	$\frac{1}{8}G$
Mandar dublu sau palanc de tun (două raiuri), ridicând	1,67	1,60	Palanc de tun (avantajos) pe palanc de tun (patru raiuri), ridicând	4,17	3,89
Macara alunecătoare (un rai), trăgând	1,82	1,78	Caliornă (6 raiuri), trăgând	4,37	4,00
Palanc simplu (trei raiuri), ridicând	2,30	2,18	Palanc de tun pe macara alunecătoare (trei raiuri), trăgând	4,55	4,27
Palanc de tun (două raiuri), trăgând	2,50	2,40	Palanc simplu (avantajos) pe palanc de tun (cinci raiuri), ridicând	5,14	4,66
Palanc de tun pe palanc de tun (patru raiuri), ridicând	2,79	2,56	Palanc simplu pe palanc simplu (amândouă dezavantajos) (şase raiuri), ridicând	5,29	4,78
Palanc dublu (patru raiuri), ridicând	2,86	2,67	Palanc simplu pe macara alunecătoare (patru raiuri), trăgând	5,61	5,16
Palanc simplu (trei raiuri), trăgând	3,08	2,91	Palanc de tun pe palanc de tun (patru raiuri), trăgând	6,25	5,76
Macara alunecătoare pe macara alunecătoare (două raiuri), trăgând	3,31	3,17	Palanc simplu (avantajos) pe palanc simplu (dezavantajos) (şase raiuri), ridicând	7,08	6,34
Caliornă (o macara triplă şi una dublă), ridicând	3,33	3,08	Palanc simplu pe palanc de tun (cinci raiuri), trăgând	7,70	6,98
Palanc dublu (patru raiuri), trăgând	3,57	3,38	Palanc simplu pe palanc simplu (amândouă avantajos) (şase raiuri), trăgând	9,49	8,47
Palanc simplu (dezavantajos) pe palanc de tun (5 raiuri), ridicând	3,84	3,49			
Caliornă (o macara triplă şi una dublă), trăgând	4,00	3,69			

4.4. CODUL DE SEMNALIZARE LA OPERAȚIUNILE DE RIDICARE

Codul de semnalizare poate fi folosit atunci când se operează cu o macara sau cu un vinci, pentru ridicarea unor obiecte din apă sau de pe uscat. În timpul acestor operaţiuni, scafandrul nu trebuie să fie situat în imediata vecinătate a zonei ridicării sau coborârii. Operatorul codului de semnalizare, trebuie să se poziţioneze astfel încât să fie văzut atât de operatorul macaralei cât şi de şeful de scufundare. Fiecare semn trebuie să fie distinct şi clar.

În figura 4.10 sunt prezentate schematic câteva semne aparţinând codului de semnalizare pentru operaţiunile de ridicat.

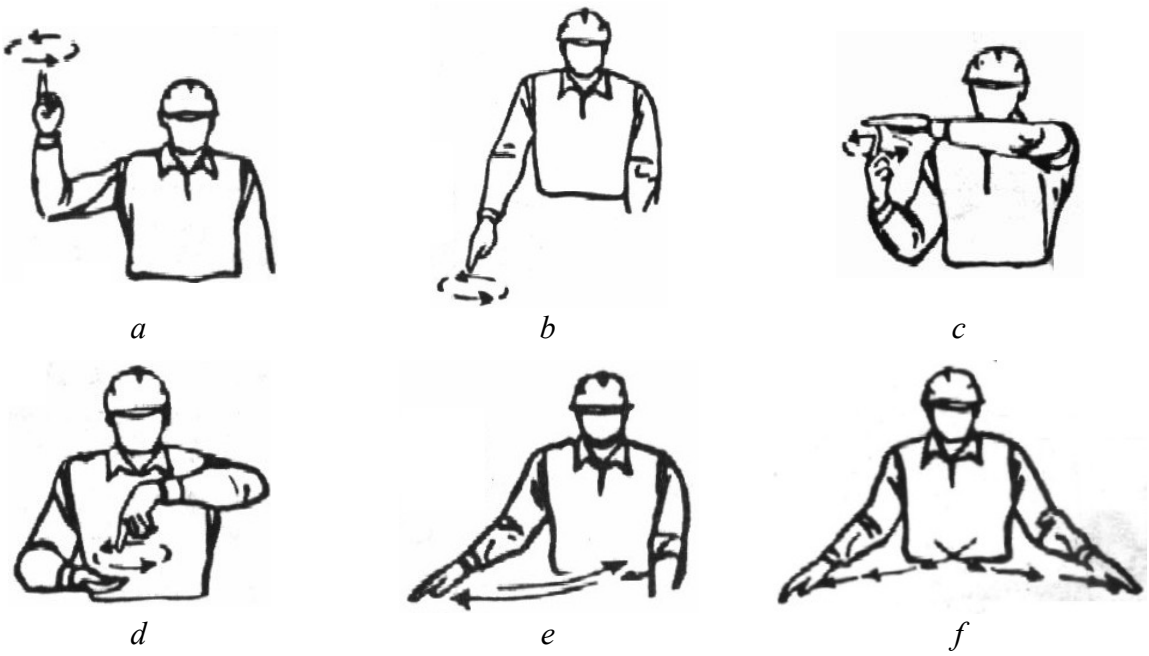
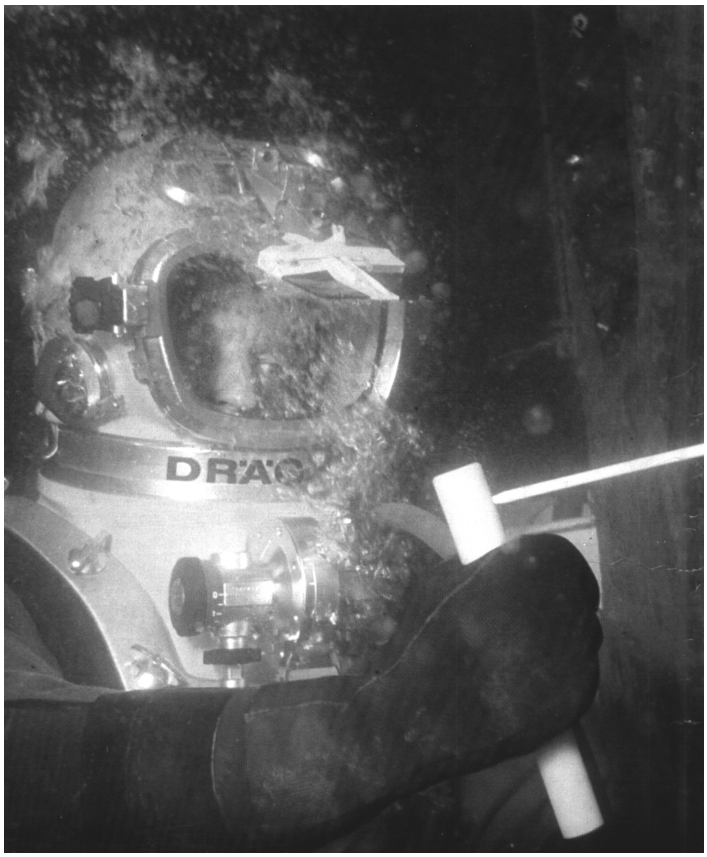


Fig. 4.10. Codul de semnalizare: *a* – ridică greutatea; *b* – coboară greutatea; *c* – ridică greutatea încet; *d* – coboară greutatea încet; *e* – stop; *f* – oprire de urgență.

Partea a doua.

OPERAȚII DE TĂIERE ŞI SUDARE SUBACVATICĂ EFECTUATE DE SCAFANDRI



5.

TĂIEREA SUBACVATICĂ

În perioada ce a urmat introducerii procedeelor de tăiere sub apă, utilizarea acestora s-a limitat, în general, la efectuarea de operaţiuni de salvare, la demolarea unor construcţii şi structuri submerse, precum şi la secţionarea unor epave care constituiau un impediment sau chiar un pericol pentru navigaţie sau pentru buna funcţionare a instalaţiilor hidroenergetice.

Necesităţile industriale actuale au condus la apariţia de noi aplicaţii ale tăierii subacvatice, mai ales la efectuarea unor operaţii complexe din cadrul lucrărilor de forare în mediul marin, precum şi la întreţinerea şi repararea structurilor offshore. Creşterea numărului acestor structuri, apariţia fenomenelor de oboseală şi coroziune la acestea, dar şi avariile accidentale în timpul instalării şi după instalarea lor pe amplasamentul ales, au condus la dezvoltarea procedurilor de reparare a acestora direct sub apă, de către scafandri. În acest sens, s-au extins numărul procedeelor de tăiere sub apă şi, implicit, tehnicile şi tehnologiile aferente, precum şi varietatea metodelor de calificare specifice pentru scafandri şi pentru personalul ajutător de la suprafaţă.

În principiu, echipamentul utilizat pentru tăierea subacvatică este asemănător cu cel utilizat pentru tăierea la suprafaţă, pe uscat. Datorită dificultăţilor impuse de mediul subacvatic, buna realizare a operaţiunilor de tăiere şi sudare sub apă depinde de diverşi factori ca temperatura apei, adâncimea de lucru, vizibilitatea, tipul echipamentului utilizat etc.

Tăierea subacvatică reprezintă operaţiunea de separare în mai multe părţi a unor cabluri, lanţuri, piese, instalaţii sau structuri, de obicei metalice sau din alte materiale, aflate sub apă. Tăierea subacvatică poate fi de mai multe feluri:

– *tăiere subacvatică mecanică*, cu cleşti, fierăstraie etc. acţionate manual sau cu fierăstraie, discuri abrazive etc. acţionate pneumatic sau hidraulic (v. Cap. 1 şi 2);

– *tăiere subacvatică termică* care, la rândul ei, poate fi cu amestec gaz-oxigen (oxi-gaz), cu arc electric şi oxigen (oxielectrică) şi cu arc electric şi electrozi înveliţi;

– *tăiere subacvatică prin alte procedee*, cu arie restrânsă de aplicare (spre exemplu tăierea cu jet de apă şi abraziv).

5.1. TĂIEREA SUBACVATICĂ MECANICĂ

Tăierea subacvatică mecanică este realizată cu unelte aşa cum sunt cleştii şi fierăstraiele, sau cu scule ca discurile abrazive fixate pe unelte speciale acționate pneumatic sau hidraulic (fig. 5.1).

Fig. 5.1. Fierăstrău acționat hidraulic pentru tăiere subacvatică mecanică.

Mijloacele de tăiere subactavică mecanică reprezintă adaptări la condițiile subacvatice ale sculelor, uneltelor şi echipamentelor obişnuite utilizate pentru tăiere pe uscat. Cele mai multe metode de tăiere se bazează pe îndepărtarea materialului din rostul de tăiere prin aşchiere. În cazul discurilor abrazive, unealta poate fi rotită pe circumferința unei conducte în vederea tăierii ei şi poate fi utilizată şi pentru prelucrarea (şanfrenarea) capetelor acesteia în vederea sudării.

Pentru oțeluri şi grosimi normale de conductă, vitezele de avans sunt cuprinse între 40...80 mm/min.

Un alt tip de sculă tăietoare mecanică este cuțitul de strung care este rotit în jurul circumferinței conductei submarine cu ajutorul unui lanț cinematic acționat hidraulic.

Tăierea mecanică se poate aplica atât în mediu umed, în apă, cât şi în camere uscate din care s-a evacuat apa, pentru înlocuirea segmentelor de conductă şi prelucrarea capetelor în vederea sudării lor în mediu uscat.

Realizarea de tăieturi cât mai drepte depinde de alegerea corespunzătoare a sculei de tăiere şi a uneltelor adecvate.

5.2. TĂIEREA SUBACVATICĂ TERMICĂ

Tăierea subacvatică termică este procedeul de tăiere a metalelor prin topirea sau arderea materialului cu ajutorul unei surse termice. Aceasta poate fi *tăiere oxi-gaz*, *tăiere oxielectrică* şi *tăiere electrică cu electrozi înveliți*.

5.2.1. TĂIEREA OXI-GAZ

Tăierea oxi-gaz, numită şi tăiere cu amestec gaz-oxigen, utilizează ca sursă termică o flacără obținută prin arderea unui gaz combustibil în oxigen.

În funcție de gazul utilizat, tăierea oxi-gaz poate fi: cu acetilenă (oxiacetilenică), cu gaze naturale (oxipropanică, cu gaz MAPP şi oximetanică) sau cu hidrogen (oxihidrică). Alte gaze utilizate sunt butanul şi vaporii de benzină cu cifra octanică peste 98, tăierea în acest ultim caz fiind numită tăiere oxi-petrol.

Tăierea oxi-gaz subacvatică a fost utilizată pentru prima dată în Germania în anul 1908, folosind un arzător oxiacetilenic identic cu cel folosit la suprafață.

Dezvoltarea majoră a tăierii oxi-gaz a avut loc între anii 1925 şi 1926, când comandorul Edward Ellsberg din U.S. Navy a pus la punct un arzător oxihidric cu înveliş exterior de aer comprimat. Acest arzător a constituit baza arzătoarelor de tăiere oxi-gaz sub apă, utilizându-se pentru prima dată la efectuarea operațiilor de tăiere pentru ranfluarea submarinului S-41 de la adâncimea de 40 m, în anul 1925.

Tăierea subacvatică cu flacără este un procedeu relativ comod deoarece instalațiile sunt portabile, ceea ce reprezintă un mare avantaj în special la lucrările de reparații. Acest procedeu prezintă dezavantajul existenței posibilității de acumulare a amestecurilor gazoase explozive în diverse spații închise ale structurii imerse.

Procesul de tăiere cu oxi-gaz are loc în două faze:

- faza de încălzire a metalului până la temperatura de ardere a acestuia cu oxigenul, cu ajutorul flăcării;
- faza de ardere a metalului cu ajutorul jetului suplimentar de oxigen de tăiere.

Flacăra de preîncălzire se formează prin aprinderea amestecului format din oxigen şi jetul combustibil.

5.2.1.1. Tăierea oxiacetilenică

Tăierea oxiacetilenică a fost primul procedeu de tăiere utilizat sub apă. Utilizarea acestui tip de tăiere însă nu poate fi făcută decât până la adâncimea maximă de 7 m, deci până la o presiune de 1,7 bar (sc.abs.), datorită proprietății acetilenei de a fi explozivă la o presiune mai mare de 2 bar (sc.abs.) = 1 bar (sc.man.).

Presiunea optimă a acetilenei, necesară efectuării tăierii sub apă, este funcție de adâncime după cum urmează: la 3 m de 0,3 bar (sc. man.), la 3...6 m de 0,5 bar (sc.man.), iar la 7 m de 0,8 bar (sc.man.).

Utilajele folosite la tăierea oxi-gaz, în general şi în special la tăierea oxiacetilenică sub apă, sunt aceleaşi cu cele folosite la suprafață şi anume: butelii cu oxigen, reductor de presiune, generatoare de acetilenă sau butelii cu acetilenă, furtunuri şi arzător.

Buteliile cu oxigen conțin oxigen tehnic care se livrează în cinci tipuri calitative, A, B, C, D şi E, cu puritatea cuprinsă între 97% şi 99,7% conform STAS 2031-77. În funcție de volumul de oxigen tehnic utilizat şi de specificul lucrărilor executate, oxigenul poate fi livrat şi în stare lichidă în recipienți speciali. Pentru majoritatea lucrărilor de tăiere oxi-gaz, posturile de lucru nefiind fixe, se preferă livrarea oxigenului sub formă de gaz comprimat în butelii. Buteliile de oxigen sunt fabricate din oțel având, de obicei, capacitatea de 40 ℓ. O astfel de butelie conține 6 m^3_N oxigen, comprimat la presiunea maximă de 150 bar (sc.man.) şi aflat la temperatura de circa 20^0 C. Butelia are masa de 72,5 kg, lungimea de 1740 mm şi diametrul de 220 mm. Conform STAS 5189-69, buteliile pentru oxigen tehnic trebuie vopsite în culoarea albastru, cu inscripția OXIGEN de culoare albă. La partea superioară, buteliile sunt prevăzute cu robinete cu ventil de închidere-deschidere în care se montează reductorul de presiune. Robinetul este prevăzut cu o supapă de suprapresiune. În cazul unui consum mai mare de oxigen, se utilizează baterii de

butelii (fig. 5.2), la care racordarea poate fi simplă (unilaterală) cu 1 ×2...1 ×15 butelii sau dublă (bilaterală) cu 2 ×2...2 ×15 butelii.

În funcție de numărul locurilor de muncă şi consumul acestora, alimentarea cu oxigen se poate face de la baterii de butelii separate sau de la baterii de butelii legate între ele prin conducte.

Fig. 5.2. Baterie de butelii cu oxigen pentru tăierea oxiacetilenică subacvatică.

Reductorul de presiune (fig. 5.3) este utilizat pentru reglarea presiunii din butelie până la nivelul presiunii de lucru şi poate fi:

- reductor cu două trepte de reglare a presiunii, pentru consum de oxigen de până la 30 m^3_N/h şi presiune de 10 bar (sc.man.);
- reductor cu o treaptă de reglare a presiunii, pentru consum de oxigen de până la 50 m^3_N/h şi presiune de 30 bar (sc.man.).

Reductoarele de presiune pot fi cu acționare directă sau inversă. Cele mai utilizate sunt cele cu acționare inversă.

Acetilena tehnică (C_2H_2), care este un gaz incolor, cu miros iritant şi toxic, are puterea calorică de 52800 kJ/m^3 şi, prin ardere cu oxigenul, dezvoltă o temperatură foarte ridicată, cuprinsă în intervalul 3100…3300^{0}C. Acetilena se obține din carbura de calciu (carbid), dizolvată în apă în generatoare speciale (fig. 5.4). Volumul de acetilenă produs de 1 kg de carbid este de 240…280 ℓ.

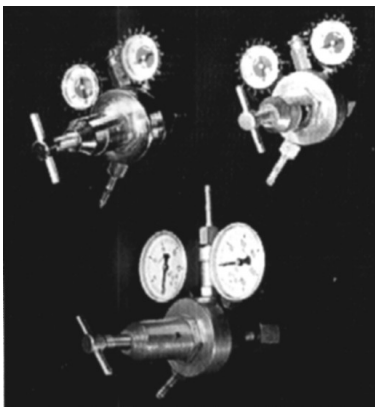


Fig. 5.3. Reductoare de presiune pentru oxigen.

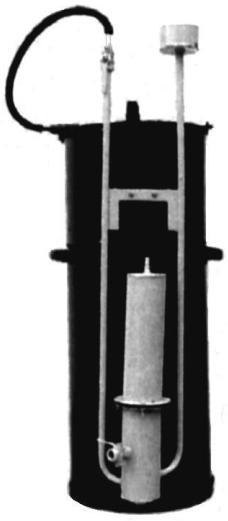


Fig. 5.4. Generator de acetilenă utilizat pentru tăierea oxiacetilenică subacvatică.

Generatoarele de acetilenă sunt prevăzute cu supape de siguranţă destinate să oprească flacăra de întoarcere şi unda de şoc să treacă la generatoare şi recipiente. Acestea pot fi supape hidraulice sau uscate sau supape deschise cu ţevi paralele pentru debite de până la 2 m^3_N/h şi supape închise în două variante, pentru debite de până la 1,25 m^3_N/h şi pentru debite de până la 3,2 m^3_N/h. Supapele deschise se folosesc pentru presiuni de până la 0,1 bar (sc.man.), iar supapele închise se folosesc pentru presiuni medii de până la 1,5 bar (sc.man.).

În cantităţi mai mari, acetilena este preparată în centralele de acetilenă şi se livrează în butelii speciale prevăzute cu masă poroasă în care s-a introdus şi acetonă pentru a dizolva acetilena comprimată.

Acetilena comprimată în butelii prezintă următoarele avantaje faţă de cea preparată în generatoare: este mai pură, prezintă mai multă uşurinţă în lucru, prezintă mai multă securitate în exploatare şi permite folosirea ei în orice loc.

Buteliile de acetilenă au aceeaşi capacitate şi aceleaşi dimensiuni ca şi cele de oxigen, cu excepţia lungimii, care este de 1640 mm. O butelie conţine aproximativ 5500 ℓ_N de acetilenă la presiunea de 15...17 bar (sc.man.). Buteliile sunt vopsite în culoarea maro şi poartă inscripţia cu alb. Nu este permis un consum mai mare de 2000 ℓ_N/h, pentru ca acetilena degajată să nu antreneze acetona din butelie.

Buteliile de oxigen şi acetilenă sunt reglementate conform prescripţiilor tehnice ISCIR C5-98.

Furtunurile sunt folosite pentru alimentarea cu gaze (acetilenă şi oxigen) a arzătoarelor. Se utilizează tuburi din cauciuc suple care, în funcţie de presiunea de regim, conform STAS 8540-70, se clasifică în două clase: clasa P10 pentru presiune de regim de maximum 10 bar (sc.man.) şi clasa P20 pentru presiuni de regim de maximum 20 bar (sc.man.).

Furtunurile de clase P10 se fabrică cu diametrul interior de 6,3 mm şi de 10 mm pentru oxigen şi acetilenă, iar cele din clasa P20 cu diametrul interior de 6,3 mm, numai pentru oxigen. Furtunurile pentru oxigen sunt de culoare albastră având

fitinguri cu filet-dreapta, iar cele pentru acetilenă sunt de culoare roşie având fitinguri cu filet-stânga.

Arzătoarele (*suflaiurile*) sunt dispozitivele cu care se efectuează practic tăierea, fiind destinate să amestece gazele care sunt transportate prin furtunuri (oxigenul şi acetilena), într-o anumită proporţie, astfel ca la ieşirea lor să se aprindă şi să ardă cu flacără constantă (fig. 5.5).

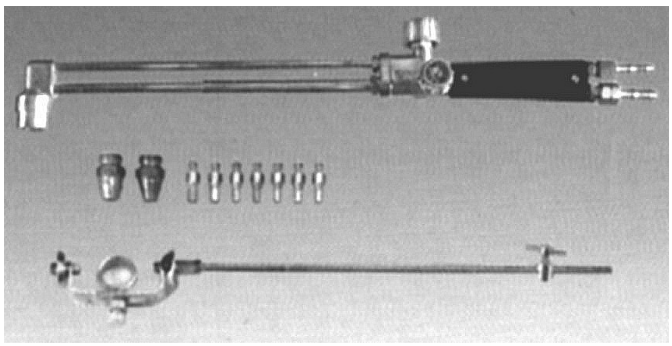


Fig. 5.5. Arzător pentru tăierea oxiacetilenică subacvatică.

Arzătorul este format dintr-un mâner pe care sunt prevăzute două racorduri pentru acetilenă şi oxigen şi un locaş la care se montează o tijă de arzător cu bec. Există mai multe tipuri de arzătoare însă, pentru lucrări de tăiere sub apă, sunt preferate cele cu becuri concentrice şi cele cu becuri monobloc, care sunt folosite în special atunci când este necesară o încălzire puternică, o economie de gaze şi o viteză crescută de tăiere.

5.2.1.2. Tăierea cu gaze naturale

Tăierea cu gaze naturale, în funcţie de gazul utilizat, poate fi tăiere oxipropanică, tăiere cu gaz MAPP şi tăiere oximetanică.

a. ***Tăierea oxipropanică*****.** Tăierea oxipropanică utilizează propanul drept gaz combustibil. Aceasta poate fi utilizată cu succes până la adâncimea maximă de 60 m, limită impusă de pericolul de explozie al propanului la presiune mai mare, întocmai ca acetilena. Propanul (C_3H_8) se găseşte în ţiţei, în gazele de sondă şi în gazele de zăcământ propriu. Propanul are puterea calorică de 87200 kJ/m^3 şi, prin ardere cu oxigenul, dezvoltă o temperatură de 2695...2995^{0}C. Propanul se îmbuteliază lichefiat la presiunea de 7...8 bar (sc.man.), în butelii sudate cu pereţi subţiri, având culoarea brună. Calitatea tăieturii obţinute este acceptabilă, iar viteza de tăiere este cu 6...8% mai redusă decât la tăierea oxiacetilenică.

b. ***Tăierea cu gaz MAPP*****.** Gazul MAPP mai este cunoscut şi sub denumirea de metilacetilenă-propadienă şi reprezintă un gaz combustibil constituit din vapori ai gazelor componente lichefiate. Are puterea calorică de 48200 kJ/m^3 şi temperatura de ardere în oxigen de 3045...3145^{0}C, valori apropiate de cele ale acetilenei. Gazul MAPP se îmbuteliază în stare gazoasă în butelii din oţel la presiunea maximă de 150 bar (sc.man.). Buteliile de MAPP sunt vopsite în alb cu inscripţia roşie. Calitatea suprafeţelor tăieturii cu gaz MAPP este similară celei obţinute cu acetilenă. Parametrii regimului de tăiere oxi-gaz cu gaz MAPP sub apă sunt aceiaşi ca şi la tăierea oxi-gaz la suprafaţă.

c. *Tăierea oximetanică.* Tăierea oximetanică utilizează drept gaz combustibil tot un gaz natural şi anume metanul. Acesta este întâlnit în gazele naturale în proporţie de 96...98%, fiind un gaz incolor, cu miros iritant şi toxic. Metanul are puterea calorică de 35600 kJ/m^3 şi temperatura de ardere în oxigen de 1995...2195^{0}C. Metanul se îmbuteliază în butelii din oţel la presiunea maximă de 150 bar (sc.man.), vopsite în culoarea roşie, având inscripţia METAN de culoare albă. Calitatea tăieturii este superioară celei obţinute cu flacăra oxiacetilenică.

Datorită faptului că procedeele de tăiere oxipropanică, cu gaz MAPP şi oximetanică sunt utilizate la adâncime mai mare comparativ cu procedeul oxiacetilenic, lungimea furtunurilor de gaz este semnificativ mai mare conducând implicit şi la creşterea presiunilor necesare ale gazelor. Astfel, presiunea gazului combustibil şi a oxigenului pentru flacără pot fi majorate cu până la 50%, iar a oxigenului de tăiere cu 20%, motiv pentru care aceste furtunuri trebuie să aibă o presiune de lucru corespunzătoare, superioară celei din procedeul oxiacetilenic.

Arzătoarele utilizate în aceste procedee sunt cu trei ţevi, oxigenul de încălzire şi gazul combustibil trecând fiecare prin câte o ţeavă spre injectorul din capul de tăiere, prin ţeava a treia trecând oxigenul de tăiere. De asemenea, acestea trebuie prevăzute atât cu un arestor de flacără cât şi cu o supapă unisens pentru alimentare la buteliile de stocaj (fig. 5.6).

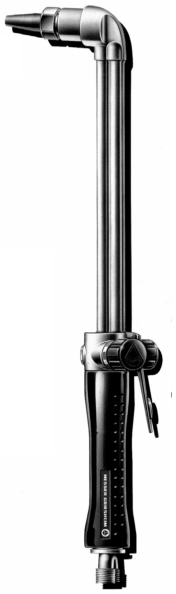


Fig. 5.6. Arzător pentru tăiere subacvatică oximetanică.

5.2.1.3. Tăierea oxihidrică

Tăierea oxihidrică se utilizează pentru lucrările sub apă efectuate la adâncime mai mare, acetilena sau gazele naturale fiind înlocuite cu hidrogen. Tăierea oxihidrică a fost realizată cu succes până la adâncimea de aproximativ 100 m, fiind primul procedeu oxi-gaz utilizat la adâncimi de peste 8 m. Teoretic, hidrogenul poate fi utilizat şi la adâncime mult mai mare fiind stabil şi la adâncimi de 1400 m conform ecuaţiei Clausius-Clapeyron. Industrial, hidrogenul se obţine prin electroliza apei. Hidrogenul este un gaz incolor, inodor, insipid şi netoxic. Acesta are puterea calorică de 10100 kJ/m^3, iar temperatura flăcării în oxigen de 2895...2945^{0}C. În amestec cu oxigenul, hidrogenul arde cu o flacără de nuanţă albăstruie, aproape invizibilă la

lumina zilei, fără posibilitatea de a distinge zonele flacării. Datorită vitezei mari de ardere în oxigen şi a flăcării lungi, metoda se întrebuinţează la tăierea oxi-gaz a grosimilor mari (<300 mm). Hidrogenul este îmbuteliat în stare gazoasă în butelii din oţel asemănătoare buteliilor pentru oxigen, la presiunea maximă de 150 bar (sc.man.), vopsite în culoarea maro sau bordo cu inscripţia HIDROGEN.

Fierul forjat şi fonta sunt foarte dificil de tăiat cu amestec oxigen-hidrogen, acestea întâlnindu-se la unele tipuri de chilă şi la piesele grele şi masive de grosimi mari. Oţelul, fierul forjat şi fonta se pot detecta cu ajutorul unui magnet.

Piesele nemetalice din aluminiu, alamă, cupru, bronz etc., pot fi topite de flacăra suflaiului şi materia topită este îndepărtată cu jetul de gaz. Grosimea metalului constituie un factor important în tăierea cu amestec oxigen-hidrogen. Se recomandă tăierea oţelului având dimensiuni cuprinse între 10 mm şi 40 mm. Nu se recomandă tăierea pieselor din oţel cu dimensiuni mai mici de 9 mm, deoarece apa scade temperatura metalului rapid, micşorând capacitatea arzătorului de a încălzi.

Pentru mărirea adâncimii de lucru şi tăierii unor materiale mai groase, utilizarea amestecului oxigen-hidrogen nu mai este eficientă. De aceea, se utilizează un amestec hidrogen-acetilenă care poate fi utilizat pentru tăiere la adâncimi de până la 300 m. Arzătorul utilizat pentru tăiere oxi-gaz sub apă, cu gaz hidrogen (fig. 5.7), este deosebit de cel utilizat la suprafaţă. Deosebirile apar în construcţia portarzătorului şi duzei. Portarzătorul are trei conducte de legătură (pentru gaz combustibil, pentru oxigen şi pentru aer comprimat) şi patru robinete cu ventil (pentru gaz combustibil, pentru oxigen flacără, pentru oxigen tăiere şi pentru aer comprimat). Robinetele cu ventil pot fi tip fluture sau pârghie.

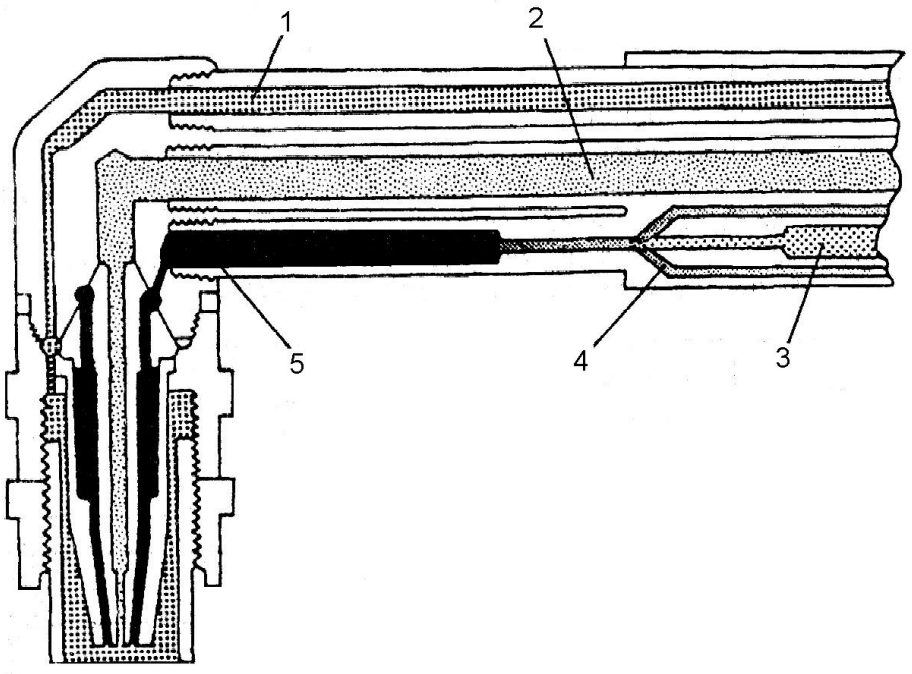


Fig. 5.7. Arzător pentru tăiere oxihidrică subacvatică: 1– aer comprimat; 2– oxigen de tăiere; 3– oxigen; 4– hidrogen; 5– amestec oxigen-hidrogen.

Duza arzătorului este de tip duză concentrică, având în exterior o duză canelată la partea inferioară pentru admisia aerului comprimat. De asemenea, arzătorul trebuie prevăzut atât cu un arestor de flacără cât şi cu supapă unisens pentru a preveni extinderea flăcării, prin furtunul de alimentare, la buteliile de stocaj ale gazelor. Aerul comprimat îndepărtează apa din zona de tăiere şi protejează flacăra în timpul procesului de tăiere subacvatică.

Buteliile de gaze combustibile prevăzute cu reductoare de presiune adecvate, precum şi compresorul pentru aerul comprimat, sunt amplasate la suprafață pe o navă suport, pe un ponton, pe o barjă sau pe cheu.

Pentru aprinderea flacării sub apă, se utilizează un dispozitiv special, conceput pentru a fi rezistent la presiunea hidrostatică, numit aprinzător sau brichetă. Acest aprinzător (fig. 5.8) funcționează pe principiul aprinzătoarelor electrice, prin apăsarea butonului bateria generând un curent electric ce formează o scânteie care aprinde amestecul oxigen-hidrogen. Locul de formare a scânteii este păstrat uscat prin jetul de oxigen de la arzător. Acest tip de aprinzător poate fi utilizat şi pentru aprinderea celorlalte tipuri de gaze combustibile.

Reglarea presiunii oxigenului la reductor pentru operația de tăiere sub apă, se stabileşte în funcție de grosimea metalului de tăiat.

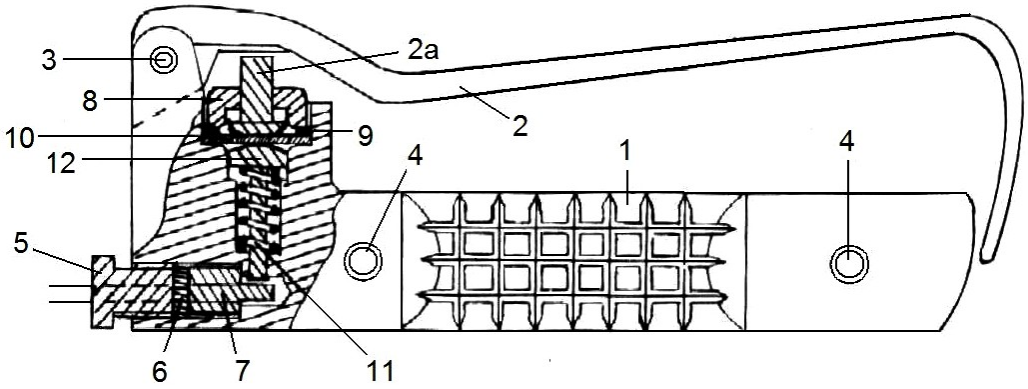


Fig. 5.8. Aprinzător electric: 1– corpul aprinzătorului; 2– levierul întrerupătorului; 2a– plonjor; 3– şurub; 4– clemă cu şurub; 5– piulița presetupei; 6– garnitura presetupei cablului; 7– contact izolat; 8– piuliță de ghidare; 9– şaiba membranei; 10– membrana; 11– arcul contactorului; 12– contactorul.

Reglarea presiunilor de lucru la reductoare se face urmărind ca arcul reductorului să fie total descărcat (destins). Robinetul de oxigen (albastru) de la mânerul aparatului precum şi robinetul de oxigen suplimentar trebuie să fie deschise, iar robinetul de hidrogen (roşu), închis. Robinetul de oxigen al buteliei se deschide încet, după care se deschide robinetul de ieşire de la reductorul presiunii de oxigen. Prin rotirea şurubului de strângere al reductorului de oxigen se reglează presiunea până la presiunea prevăzută (robinetele de la mânerul arzătorului fiind deschise) după care se închid imediat. Pentru reglarea hidrogenului, se dechide lent robinetul de hidrogen al buteliei, iar la reductorul de hidrogen, prin rotirea şurubului de reglare, se stabileşte presiunea necesară. Se deschide apoi rotița pentru admisia hidrogenului în furtunul de cauciuc, gazul netrecând în arzător deoarece robinetul gazului de ardere de

la mâner este închis. Presiunea gazului combustibil la reductor se stabileşte astfel încât la arzător să existe un surplus de gaz de ardere care să poată fi întotdeauna reglabil.

Tabelul 5.1 prezintă valorile presiunilor indicate de manometre, la suprafață, pentru oxigen, hidrogen şi aer, în funcție de adâncimea de lucru şi de grosimea materialului de tăiat.

a. ***Aprinderea şi reglarea flăcării sub apă.*** După ce presiunea oxigenului şi a hidrogenului au fost prestabilite şi reglate pentru grosimea de tăiere, se controlează dacă robinetul oxigenului de tăiere al arzătorului este complet închis. Se deschide apoi robinetul oxigenului de încălzire complet şi puțin robinetul de hidrogen, după care se reglează o flacără de preîncălzire convenabilă. Robinetul hidrogenului aflat la mâner se deschide numai puțin, se aprinde amestecul de oxigen-hidrogen care iese, reglându-se flacăra. Deoarece pentru procesul de tăiere flacăra de încălzire trebuie să cedeze o anumită parte de căldură, este necesar să fie reglată corespunzător, deoarece o flacără de încălzire prea puternică este neeconomică şi dăunătoare pentru calitatea tăieturii creând defecte pe marginile tăiate. Mărimea flăcării se stabileşte cu robinetul cel mic al arzătorului de tăiere, dozându-se în acelaşi timp şi hidrogenul pentru flacăra normală cu robinetul hidrogenului de pe mâner. Apoi, această flacără se corectează cu jetul de oxigen de tăiere deoarece prin micşorarea presiunii oxigenului în tub şi în mâner se modifică raportul amestecului producându-se un surplus de hidrogen care trebuie înlăturat. Robinetul oxigenului de tăiere se închide din nou.

Tabelul 5.1

Presiunile de lucru ale hidrogenului, oxigenului de tăiere şi oxigenului necesar gazului de ardere în funcție de adâncimea de lucru şi de grosimea materialului de tăiat

Adâncimea apei [m]	Presiunea aerului [bar (sc.man.)]	Presiunea hidrogenului [bar (sc.man.)]	Presiunea oxigenului [bar (sc.man.)]	Presiunea oxigenului, [bar (sc.man.)] necesară gazului de ardere în funcție de grosimea materialului de tăiat [mm]		
				6,35	12,7	25,4
				50,8	76,2	100,8
3	0,406	1,7	1,36	2,04	2,38	3,4
				4,42	5,44	6,8
6	0,712	2,04	1,7	2,38	2,72	3,74
				4,76	6,12	7,48
9	1,18	2,38	2,04	2,72	3,06	4,08
				5,44	6,8	3,16
12	1,32	2,72	2,38	3,06	3,4	4,42
				6,12	7,38	3,84
15	1,596	3,06	2,72	3,4	3,74	4,76
				6,8	8,16	9,52
18	1,936	3,4	3,06	3,74	4,08	5,44
				7,48	8,84	10,52
21	2,208	3,74	3,4	4,08	4,42	6,12
				8,16	9,52	10,88
24	2,514	4,08	3,74	4,42	4,76	6,8
				8,84	10,52	11,56
27	2,82	4,42	4,08	4,76	5,44	7,48
				9,52	10,88	12,24
30	3,127	4,76	4,42	5,44	6,12	8,16
				10,52	11,56	12,92
40	4,28	5,44	4,76	6,122	6,8	8,84
				10,88	12,24	13,6
50	5,34	6,122	5,44	6,8	7,48	9,52
				11,56	12,92	14,18
60	6,82	6,8	6,122	7,48	8,16	10,52
				12,14	13,6	14,96
70	7,75	7,48	6,8	8,16	8,84	10,88
				12,92	14,28	15,64
80	8,96	8,16	7,48	8,84	9,52	11,56
				13,6	14,96	16,32
90	10,00	8,84	8,16	9,52	10,52	12,24
				14,28	15,64	17,00
100	11,25	9,52	8,84	10,2	10,88	12,92
				14.96	16,32	17,68

După ce flacăra a fost reglată în mod corespunzător, arzătorul trebuie încercat la suprafață dacă poate tăia. Un arzător care nu poate tăia la suprafață nu va tăia nici în apă. Se încearcă apoi flacăra în apă. Pentru aceasta, călăuzierul filează aproximativ 2 m de furtun, apoi aruncă în apă suflaiul aprins în aşa fel încât să fie la cel puţin 1 m sub apă, după care mişcă arzătorul înainte şi înapoi. Flacăra nu trebuie să se stingă. În cazul în care flacăra se stinge, se procedează din nou la aprinderea ei, încercând-o în acelaşi mod.

Arzătorul cu flacăra aprinsă poate fi coborât până la scafandru sau luat de scafandrul însuşi. În acest caz, scafandrul trebuie să fie pregătit să mărească presiunea în arzător o dată cu creşterea presiunii apei.

Este interzisă coborârea în apă a unui arzător aprins înainte de a primi aprobarea scafandrului, acesta trebuind să fie bine poziționat şi gata pentru a începe tăierea. Dacă adâncimea apei este relativ mică, flacăra poate fi aprinsă la suprafață dar, pentru adâncime mai mare a apei, flacăra trebuie aprinsă de către scafandru sub apă, utilizând aprinzătorul.

b. ***Efectuarea tăierii*****.** Becul arzătorului trebuie menținut la distanța necesară de piesă pentru ca punctul cu temperatura maximă a flăcării să fie situat pe locul de început de tăiere, adică la aproximativ 6 mm distanță. Se admite mai întâi aer comprimat pentru a îndepărta apa din zona tăierii, apoi se admite amestecul de gaze combustibile, se aprinde flacăra (dacă adâncimea este mai mare) şi se începe preîncălzirea materialului. Când acesta a atins temperatura de aprindere în oxigen (culoare galben strălucitor) scafandrul admite jetul de oxigen de tăiere, înaintând cu viteză constantă (fig. 5.9).

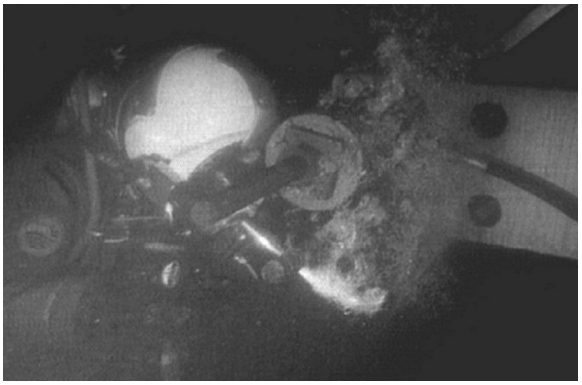


Fig. 5.9. Scafandru executând o tăiere oxihidrică.

Folosirea unor viteze prea mari de tăiere poate produce striuri de întârziere în partea inferioară a tăieturii, cu atât mai evidente cu cât viteza de tăiere este mai mare. Pentru evitarea acestora este necesar ca arzătorul să fie înclinat cu 15^0...45^0 în sensul de înaintare, în funcție de grosime şi viteză. Cu cât înclinarea este mai mare, cu atât se reduce viteza de tăiere (pentru 30^0 cu 25% şi pentru 45^0 cu 45%).

La viteze de înaintare ale arzătorului prea mici, rezultă crestări sau topiri în sensul jetului, fără curburi, din cauza timpului prelungit de ardere a locurilor respective.

Reglarea incorectă a flăcării de tăiere poate duce la dereglări ale procesului de tăiere şi deci la apariția de defecte ale tăieturii.

Timpul de încălzire a locurilor de început de tăiere variază în funcție de grosimea piesei de tăiat şi de tipul metalului.

Alegerea corectă a locului de început a tăierii şi a sensului de tăiere sunt foarte importante în vederea prevenirii apariției deformațiilor. De aceea, trebuie să se țină seama de configurația pieselor care urmează a fi tăiate. Alegerea locului de început şi a sensului de tăiere trebuie astfel realizată încât la începutul tăierii să fie înlăturate mai întâi deşeurile subțiri care rezultă pentru ca partea din piesă ce urmează a fi tăiată în continuare să fie încă cât mai puternic prinsă până la sfârşitul operației de tăiere (fig. 5.10).

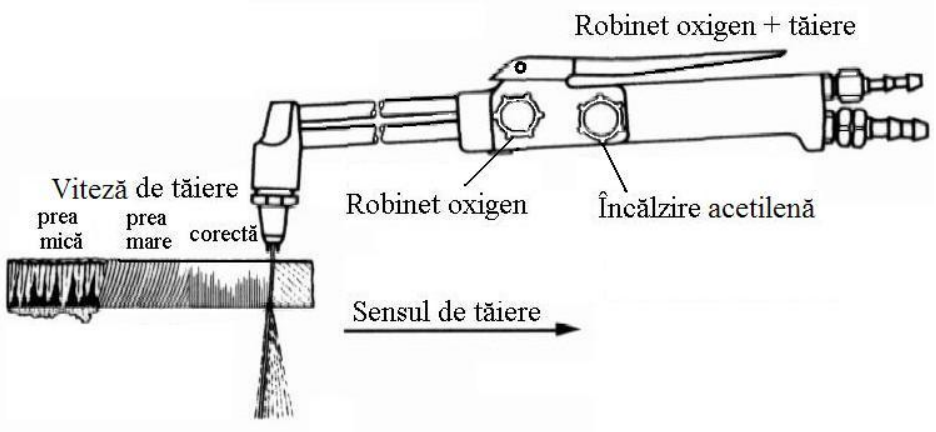


Fig. 5.10. Alegerea locului de început şi a sensului de tăiere.

O piesă circulară sau dreptunghiulară se taie începând din punctul 1 tăindu-se mai întâi partea haşurată care este mai subțire.

Pentru o piesă de formă oarecare, tăierea se face ținându-se cont de partea care trebuie folosită în urma tăierii.

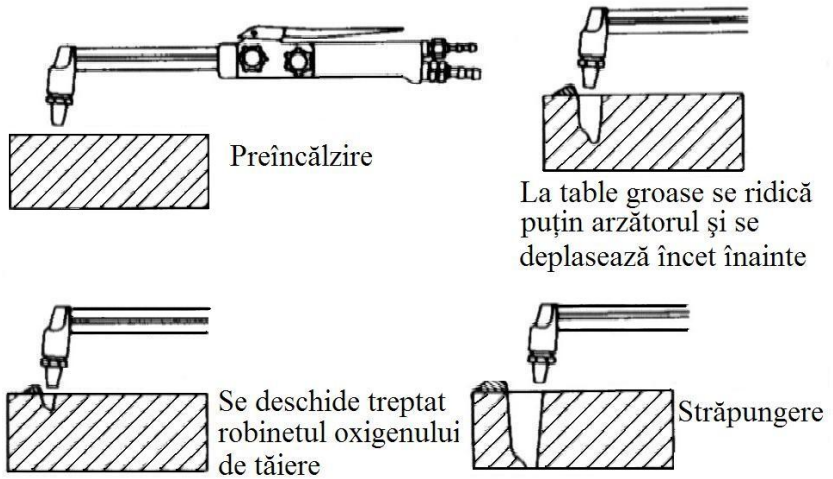


Fig. 5.11. Străpungerea unei găuri prin tăiere termică subacvatică.

Gaura cu diametrul de 8...10 mm poate fi realizată în patru etape şi anume (fig. 5.11):

– se pune arzătorul aprins în poziție perpendiculară față de metal la distanța corespunzătoare pentru ca metalul să fie încălzit la maximum;
– după o încălzire de câteva secunde se dă drumul oxigenului de tăiere o dată cu îndepărtarea simultană şi lentă a arzătorului în sus şi lateral;
– o dată cu începerea topirii se continuă înaintarea laterală şi lentă a flăcării pentru a obține gaura de început de tăiere;
– după obținerea penetrării şi a găurii, se apropie arzătorul la distanța necesară şi se continuă tăierea în sensul corect, urmată de înclinarea către înainte a arzătorului (fig. 5.12).

După întrebuințare sub apă, arzătorul trebuie curățat cu apă dulce proaspătă şi apoi uscat.

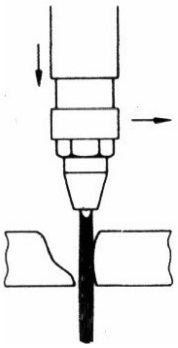


Fig. 5.12. Continuarea operației de găurire prin tăiere termică subacvatică.

Datorită faptului că becurile arzătoarelor sunt confecționate din cupru, cromate sau necromate, se pot uşor impurifica cu stropi fini de oxizi, este necesar ca ajutajele acestora să fie curățate numai cu scule corespunzătoare. Nu se recomandă folosirea unor sârme sau burghie de oțel, deoarece ajutajele pot fi uşor deteriorate. Exteriorul becurilor se curăță cu o perie din sârmă foarte subțire de alamă. Dacă becurile continuă să prezinte defecte şi nu poate fi obținută o flacără uniformă, se înlocuiesc becurile cu altele de aceeaşi mărime.

Controlul aspirației arzătorului se face prin închiderea robinetului de ieşire al reductorului pe gaz (hidrogen); se înşurubează niplul de gaz de la mâner şi se lasă ca oxigenul să curgă în arzător; se deschide robinetul de hidrogen de la mâner şi se încearcă dacă vârful degetului mare umezit este aspirat la racordul de gaz al arzătorului. Dacă aspirația nu are loc sau iese oxigen prin acest racord, nu se va folosi arzătorul, efectuându-se o reparație generală pentru înlăturarea defectului.

Toate piulițele şi becurile se strâng cu cheia plată a trusei. Înjectorul de oxigen trebuie să fie bine presat în conul de etanşare; de asemenea, trebuie asigurată o strângere etanşă între injector, camera de amestec şi tubul arzătorului. Etanşeitățile se controlează cu o soluție de apă cu săpun.

5.2.1.4. Caracteristici tehnice ale tăierii oxi-gaz

Factorii cei mai importanți care determină o realizare corectă şi economică a operației de tăiere oxi-gaz sunt următorii: puritatea oxigenului folosit, presiunea şi viteza oxigenului la ieşirea din ajutajul arzătorului, viteza de deplasare a arzătorului şi elementele de aliere ale oțelului piesei de tăiat.

Influența purității oxigenului asupra vitezei de tăiere şi a consumului de oxigen se prezintă în tabelul 5.2 pentru cazul tăierii oțelului OL37 cu grosimea de 20 mm (lungimea tăieturilor fiind de 1000 mm). Se observă că timpul de tăiere şi consumul de oxigen cresc liniar cu scăderea purității oxigenului. Suplimentar, scăderea purității oxigenului produce topirea muchiei superioare a marginii tăieturii şi smulgerea de metal de pe suprafețele marginilor. De asemenea, la viteză constantă, presiunea necesară tăierii creşte cu scăderea purității oxigenului (fig. 5.13). Aceasta are ca urmare îngroşarea jetului de oxigen la ieşirea din arzător, rezultând o suprafață tăiată neregulat.

Tabelul 5.2

Influența purității oxigenului asupra vitezei de tăiere şi a consumului de oxigen pentru cazul tăierii OL37 cu grosimea de 20 mm, pe o lungime de 1000 mm

Puritatea oxigenului, [%] / Parametrii	99	97,5	96	94,5
Timpul de tăiere, [s]	211	245	280	329
(Valoarea relativă)	1	1,16	1,35	1,51
Consumul de oxigen, [l/s]	1,47	1,82	2,13	2,42
(Valoarea relativă)	1	1,24	1,45	1,64

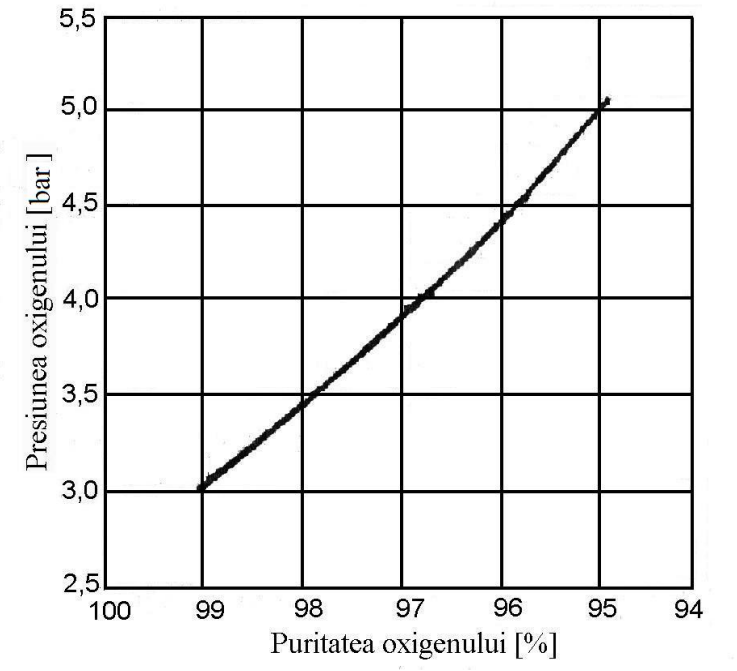


Fig. 5.13. Graficul de variație a presiunii oxigenului funcție de puritatea oxigenului de tăiere.

Presiunea corespunzătoare şi viteza de ieşire a oxigenului din arzător, precum şi viteza optimă de deplasare a arzătorului de către scafandru, au fost arătate anterior.

Elementele de aliere din oţel influenţează în mod diferit asupra procesului de tăiere oxi-gaz.

Elementele cum ar fi carbonul, siliciul, manganul şi nichelul, la un conţinut mai ridicat, necesită ca piesa ce urmează a fi tăiată să fie preîncălzită un timp mai îndelungat, sau chiar fac ca tăierea să devină dificilă. Cromul şi wolframul, când se află peste o anumită concentraţie, fac ca tăierea să fie imposibilă, pe când sulful şi molibdenul nu influenţează procesul de tăiere, iar vanadiul îmbunătăţeşte capacitatea oţelului de a fi tăiat cu oxigen.

Avantajele procedeelor de tăiere termică oxi-gaz sunt:

- gama largă de grosimi de piese metalice ce pot fi tăiate (5...30 mm);
- echipament de tăiere mobil, cu preţ de cost scăzut;
- posibilitatea tăierii de piese metalice cu grosimi mari după contururi complexe;
- productivitate bună.

Ca dezavantaje ale procedeelor de tăiere termică oxi-gaz se pot enumera:

- posibilitatea tăierii numai a oţelurilor carbon slab aliate şi a fontelor;
- preîncălzire greoaie datorită acţiunii de răcire a apei din mediul acvatic exterior;
- energie termică introdusă ridicată;
- vizibilitatea redusă ce îngreunează menţinerea constantă a distanţei arzătorului faţă de piesă;
- lăţimea relativ mare a rostului de tăiere;
- posibilitatea de acumulare a amestecurilor gazoase explozive în diverse părţi ale structurii submerse pe care se efectuează operaţii de tăiere.

Defectele tăierii oxi-gaz pot fi clasificate, după locul apariţiei acestora şi tipul lor, în cinci grupe (fig. 5.14):

- defectele muchiei care pot fi: rotunjirea muchiei superioare, rotunjirea muchiei inferioare, existenţa de stropi pe muchia superioară sau inferioară, apariţia unei creste a muchiei sau a unei crestături a acesteia;
- defectele suprafeţelor tăieturii de tip neuniformităţi: scobitură sub muchia superioară sau inferioară, rost mărit superior sau inferior, abatere unghiulară, profil concav al suprafeţei tăieturii sau profil ondulat;
- defectele suprafeţei tăieturii de tip rizuri aşa cum sunt: rizuri deviate în urmă, rizuri concave sau concav-convexe, rizuri neuniforme, rizuri adânci sau cu adâncime neuniformă;
- defectele suprafeţei tăieturii în direcţia de tăiere: suprafaţă ondulată, capăt netăiat, cratere izolate, şir de cratere, bavură şi crustă de zgură;
- fisurile care pot fi exterioare sau interioare.

Alte tipuri de defecte care nu se înscriu în categoriile enumerate mai sus pot fi: defect de amorsare, rost excesiv de larg, abatere dimensională, arsura suprafeţei, tăietură nepătrunsă sau neterminată.

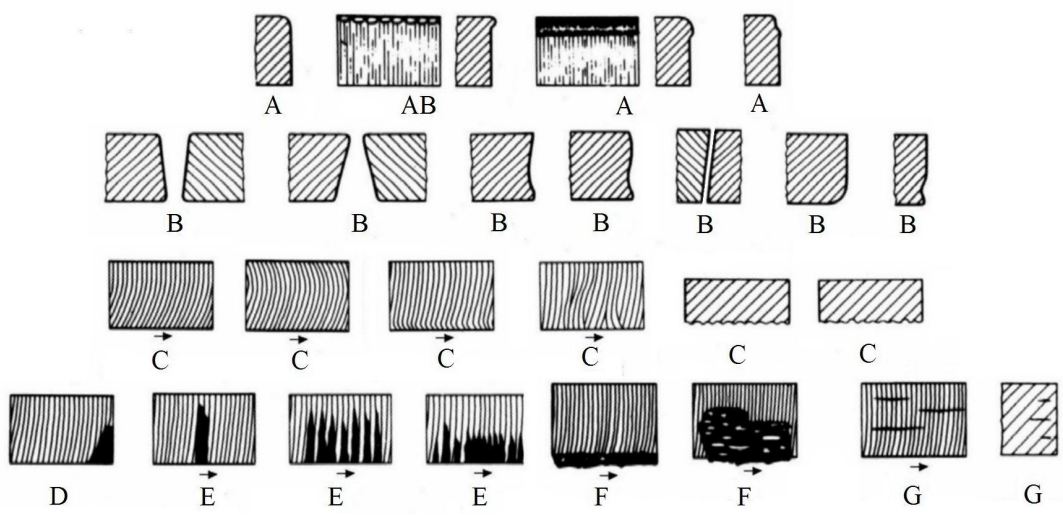


Fig. 5.14. Tipuri de defecte la tăierea oxi-gaz: A – defecte ale muchiei; B – defecte ale suprafețelor tăiate; C – defecte tip rizuri; D – tăieturi incomplete; E – tăieturi întrerupte; F – zgură aderentă; G – fisuri.

5.2.2. TĂIEREA OXIELECTRICĂ

Tăierea oxielectrică sau oxi-arc a fost introdusă încă din anul 1915, dezvoltându-se substanțial în timpul celui de-al doilea război mondial. Acest procedeu de tăiere este larg răspândit, chiar mai mult decât tăierea oxi-gaz, datorită posibilităților de tăiere a grosimilor mai mari şi a productivității crescute.

5.2.2.1. Tăierea oxi-arc cu electrozi tubulari

Principiul procedeului constă în amorsarea unui arc electric între un electrod tubular şi piesa de tăiat (pentru încălzirea materialului), încălzirea zonei şi expulzarea metalului şi a zgurei topite făcându-se cu un jet de oxigen de tăiere cu presiune ridicată trimis prin interiorul electrodului. Scafandrul deplasează portelectrodul de tăiere în lungul traseului de tăiat, menținând arcul electric la o lungime relativ constantă (fig. 5.15).

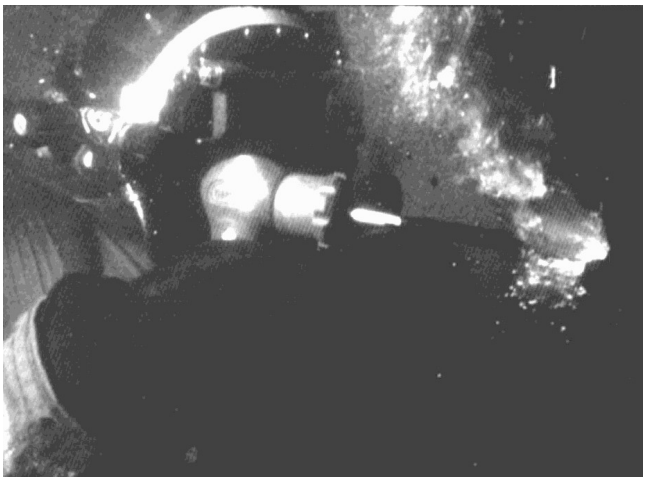


Fig. 5.15. Scafandru executând o tăiere oxi-arc cu electrod tubular.

În timpul tăierii cu acest procedeu, are loc o ardere cu temperatură de aproximativ 3500^0C. Spre deosebire de procedeul oxi-gaz, operația de tăiere oxi-arc poate începe imediat ce s-a produs arcul electric şi a fost introdus oxigen. Aceasta datorită concentrării unei cantități mai mari de căldură a arcului electric asupra materialului de tăiat.

Echipamentele utilizate pentru tăierea oxi-arc sub apă sunt asemănătoare cu cele utilizate la suprafață şi anume: portelectrodul, electrozii, sursa de curent electric, întrerupătorul cu pârghie, cablurile electrice şi buteliile cu oxigen cu reductoarele de presiune şi furtunurile aferente (fig. 5.16).

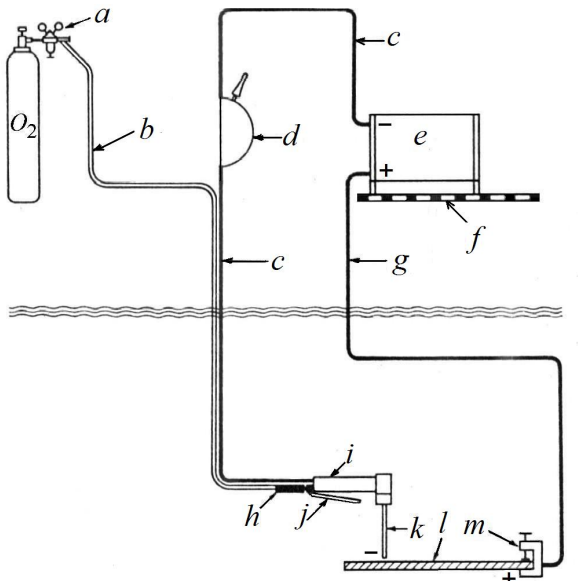


Fig. 5.16. Echipament utilizat pentru tăiere oxi-arc subacvatică: *a* – detentor oxigen; *b* – conductă oxigen; *c* – cablu electric; *d* – întrerupător; *e* – post de sudură; *f* – planşeu izolat cu lemn; *g* – cablu de punere la masă; *h* – dispozitiv antiexplozie; *i* – portelectrod; *j* – comandă oxigen; *k* – electrod; *l* – piesă; *m* – priză de punere la masă.

a. ***Portelectrodul.*** Pentru lucrul sub apă au fost proiectate şi executate diverse tipuri de portelectrozi având o construcție ce asigură atât conducerea curentului electric cât şi alimentarea optimă cu oxigen pentru tăiere. În figura 5.17 este prezentată schema unui astfel de portelectrod. Se recomandă utilizarea unui portelectrod care are o construcție ergonomică pentru a asigura un confort în utilizarea şi prevenirea oboselii mâinii. Portelectrodul trebuie să fie fabricat din materiale rezistente la coroziune, loviri, şocuri şi complet izolat electric. Ca măsură suplimentară de securitate, portelectrodul trebuie pevăzut cu un arestor de flacără şi cu un ventil de control care opreşte intrarea impurităților. Mandrina de prindere a electrodului trebuie să asigure o prindere prin închidere sigură a acestuia (fig. 5.18).

b. ***Electrozii.*** Electrozii utilizați sunt tubulari (canalul central permite trecerea oxigenului care intensifică arderea şi suflă metalul topit şi oxizii în planul tăierii) consumându-se în timpul procesului de tăiere. Diametrul exterior este cuprins în intervalul 6…8 mm, iar diametrul interior în domeniul 2…3 mm.

Pentru tăierea oxi-arc sub apă se utilizează în special trei tipuri de electrozi: din oțel, din ceramică şi din cărbune.

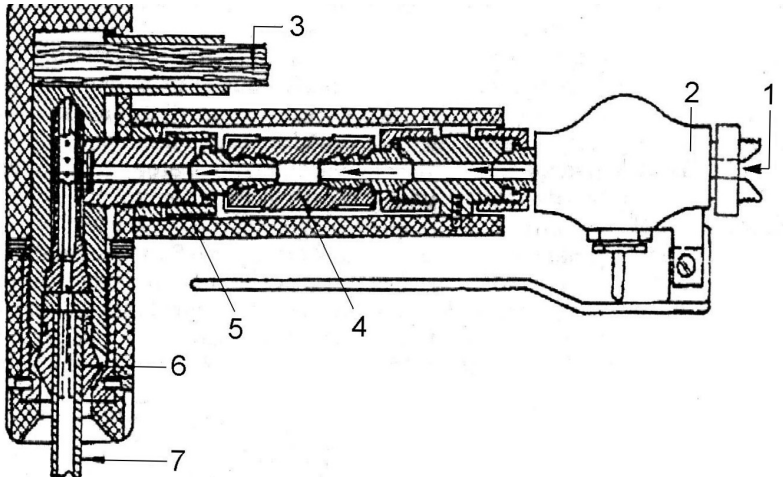


Fig. 5.17. Schema unui portelectrod pentru tăiere oxi-arc subacvatică: 1– racord oxigen; 2– robinet oxigen; 3– cablu electric; 4– cuplaj dielectric; 5– conductă oxigen; 6– bridă fixare electrod; 7– electrod tubular.

Fig. 5.18. Portelectrod pentru tăiere oxi-arc subacvatică.

Electrodul tubular din oţel are diametrul exterior de 8 mm, diametrul interior de 3 mm şi lungimea de 350 mm. Acest electrod este acoperit cu un înveliş asemănător celui utilizat la electrozii pentru sudare şi protejat cu un strat subţire (0,2...0,3 mm) din substanţă hidroizolatoare care poate fi lac incolor, ceară, parafină, PVC sau bandă izolatoare. Învelişul electrodului din oţel trebuie să confere acestuia condiţii corespunzătoare tăierii sub apă şi anume: amorsare şi reamorsare uşoară a arcului electric, stabilitate a arcului în timpul arderii, raport de topire corespunzător între înveliş şi miezul metalic şi protecţie gazoasă suplimentară faţă de acţiunea apei în cursul arderii arcului electric. Aceste deziderate sunt asigurate de principalele componente ale învelişului cum ar fi: oxidul de fier şi feroaliajele, carbonaţii, dioxidul de siliciu (cuarţ şi silicaţi).

În tabelul 5.3 sunt prezentate diferite mărci de electrozi tubulari pentru tăierea oxi-arc sub apă, pe plan internaţional.

S.C. Ductil S.A. Buzău a realizat, în conformitate cu standardul de firmă S.F. nr. 2/1995, un electrod tubular cu înveliş rutil-bazic (AT-1) pentru tăierea oxi-arc sub apă. Acest electrod are dimensiunile 8 ×2,5 ×450 mm şi este destinat tăierii sub apă a unei game largi de structuri metalice.

Tabelul 5.3

Mărci de electrozi tubulari pentru tăiere oxi-arc sub apă

Marcă electrod	Firma	Țara
Fox OE	Böhler Fox	Austria
SDS	Sechereon	Franța
Standard	Arcair	SUA
Sea-Cut	Arcair	SUA
Marine-Cut	Oerlicon	Elveția
Oxicudend 7,20 Sub.	Arcos	Italia

Electrodul tubular din ceramică este un tub din oxizi stabili refractari şi are dimensiunile de 200 mm lungime, 12,5 mm diametru, iar canalul central are diametrul de 9,5 mm. Capătul de prindere este mai gros având diametrul de 13,5 mm pe o lungime de 32 mm. Electrozii din ceramică au fost concepuți ținându-se cont de două avantaje pe care aceştia le prezintă şi anume: au o durată de ardere mai mare deoarece reacționează mai puțin uşor cu oxigenul, ceea ce necesită un număr mai mic de electrozi consumați pentru o lungime dată de tăiere față de electrozii din oțel, precum şi o greutate mai redusă. În tabelul 5.4 se arată timpul specific de tăiere în funcție de grosimea materialului de tăiat.

Tabelul 5.4

Viteze de tăiere în funcție de grosimea materialului la tăierea subacvatică oxielectrică

Grosimea materialului, [mm]	5	8	16	20	25	40	50	80
Timpul specific de tăiere, [min/m]	1,1	1,4	1,75	2,0	2,8	4,5	6,2	7,5

Electrodul tubular din cărbune a fost folosit pentru prima oară în Marea Britanie pentru tăiere oxi-arc sub apă. El este alcătuit dintr-un tub de cărbune acoperit la exterior cu un strat subțire de cupru (fig. 5.19). Aceştia pot fi utilizați pentru tăierea oțelului având o grosime de până la 50 mm, a fontei, cuprului şi alamei. Aceşti electrozi prezintă dezavantajul fragilității crescute. Electrozii pot avea diametrul de 4, 6, 8, 10, 12 mm. Datorită faptului că electrozii din cărbune pot forma şi întreține arcul electric mai uşor decât cei din oțel, în locul oxigenului ca gaz de ardere se poate utiliza aerul comprimat procedeul numindu-se arc-aer. Avantajele procedeului constau în economicitate şi simplitate a echipamentului folosit.

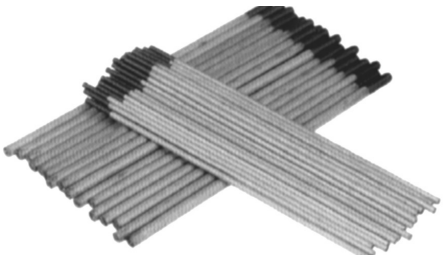


Fig. 5.19. Electrozi tubulari din cărbune.

În tabelul 5.5 se arată diferite regimuri de tăiere utilizând electrozi din cărbune şi aer comprimat ca gaz de ardere.

Tabelul 5.5

Regimuri tehnologice de tăiere cu electrozi din cărbune şi cu aer comprimat

Grosime material [mm]	Diametru electrod [mm]	Curent de tăiere [A]	Presiune aer comprimat [bar (sc.man.)]	Viteză de tăiere [min/m]	Lăţimea tăieturii [mm]	Consum / metru liniar		
						Timp [h]	Aer [m^3_N]	Electrod [g]
5	4	200…240	5,0	0,6…0,80	6	0,05	0,15	16
15	6	270…290	5,0	0,5…0,60	8	0,06	0,32	62
25	8	370…390	5,5	0,4…0,45	10	0,07	0,49	162
30	10	460…480	5,5	0,3…0,35	12	0,08	0,65	218
50	12	560…580	6,0	0,2…0,25	14	0,1	0,75	440

O categorie specială de electrozi o reprezintă *electrozii ultratermici* (fig. 5.20). Aceşti electrozi sunt produşi de firma BROCO din S.U.A., având o lungime ceva mai mare decât electrozii pentru tăierea convenţională oxi-arc. Electrozii ultratermici au o lungime de 460 mm şi un diametru exterior de 6...9,6 mm. Producând o temperatură de topire de 1600...2500^{0}C, aceşti electrozi pot tăia sau topi majoritatea materialelor convenţionale cum ar fi oţeluri, neferoase, piatră sau beton.

Fig. 5.20. Electrozi ultratermici.

Electrodul ultratermic reprezintă un tub de oţel umplut cu sârme din oţel, iar la exterior este acoperit cu un strat izolator din PVC. Aceşti electrozi pot fi amorsaţi în acelaşi mod ca ceilalţi electrozi pentru tăierea oxi-arc, dar cantitatea de oxigen consumată este mai mare.

Avantajele electrozilor ultratermici sunt: utilizează un curent electric de maximum 170 A, o dată amorsaţi vor continua să ardă şi fără curent electric, atât timp cât sunt alimentaţi cu oxigen şi pot fi amorsaţi şi de la scânteia produsă de un acumulator auto de 12 V sau 24 V.

Pentru electrozii ultratermici, reglarea intensităţii curentului electric necesar în funcţie de lungimea şi secţiunea cablului electric este prezentată în tabelul 5.6.

Tabelul 5.6

Intensitatea curentului electric în amperi necesar la electrozii ultratermici funcție de lungimea şi secțiunea cablului electric

Lungimea cablului electric [m]	Secțiunea cablului electric şi amperaj		
	50 mm^2	70 mm^2	95 mm^2
46	155	152	150
61	157	154	152
76	159	156	154
91	161	158	156
107	163	160	158
122	165	162	160
137	167	164	162
152	169	166	164

Reglarea presiunii oxigenului în funcție de adâncimea apei este arătată în tabelul 5.7.

Tabelul 5.7

Presiunea oxigenului la electrodul ultratermic funcție de adâncimea apei

Adâncime [m]	Presiunea oxigenului [bar (sc.man.)]	Adâncime [m]	Presiunea oxigenului [bar (sc.man.)]
10	7,8	61	14,2
12	8	64	14,6
15	8,3	67	14,8
18	8,6	70	15,1
22	8,9	73	15,4
24	9,3	76	15,7
27	9,5	79	16,1
30	10,5	82	16,3
34	10,8	85	16,7
37	11,1	88	16,9
40	11,4	91	18,0
43	11,7	94	18,2
46	12	98	18,5
49	12,3	101	18,8
52	12,7	104	19,1
55	12,9	107	19,4
58	13,3		

Dacă electrozii ultratermici se utilizează la adâncime mai mare de 106 m, presiunea oxigenului la regulatorul de presiune poate fi calculată după cum urmează.

Peste presiunea hidrostatică corespunzătoare adâncimii de lucru se adaugă presiunea necesară la consumator (la capătul electrodului, circa 6,3 bar (sc.man.)). În plus, se adaugă câte 0,7 bar (sc.man.) pentru fiecare 30 m lungime de cablu (furtun de oxigen) pentru acoperirea pierderilor de presiune în lungul furtunului.

Spre exemplu, pentru o lucrare subacvatică de tăiere oxi-arc cu electrod ultratermic la adâncimea de 175 m, presiunea oxigenului este de 27,8 bar (sc.man.) rezultată ca suma următoarelor presiuni:

- presiunea hidrostatică de 17,5 bar (sc.man.);
- presiunea la capătul electrodului de 6,3 bar (sc.man.), peste presiunea hidrostatică;
- adaosul de presiune necesar acoperirii pierderilor de presiune în lungul furtunului de oxigen de la regulatorul de presiune la electrod, de $\frac{175}{30} \cdot 0{,}7 \cong 4$ bar (sc.man.).

Tăierea oxi-arc utilizând electrozi ultratermici nu necesită o pregătire sau o practică specială. Scafandrii calificați şi cu pregătire pentru tăierea oxi-arc subacvatică sau sudura cu arc electric, nu vor avea dificultăți la utilizarea electrozilor ultratermici pentru tăierea oxi-arc.

c. ***Sursa de curent electric*****.** Pentru lucrările de tăiere oxi-arc sub apă se preferă utilizarea redresoarelor de sudare ca sursă de curent electric, datorită avantajelor pe care le prezintă față de convertizoare (gabarite reduse, absența părților în rotație, siguranță în exploatare, coeficient ridicat de utilizare şi valoare ridicată a puterii specifice). Redresoarele se construiesc brusc coborâtoare sau rigide precum şi universale cu ambele caracteristici. Redresoarele pot fi pentru unul sau mai multe posturi de lucru (fig. 5.21).

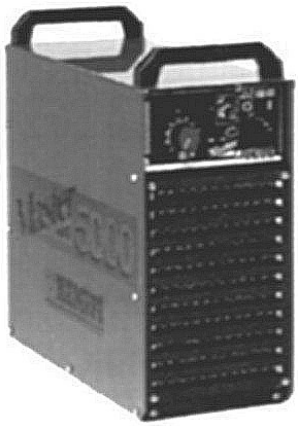


Fig. 5.21. Redresor utilizat la tăiere oxi-arc.

Se utilizează curent continuu cu intensități ale curenților de tăiere în domeniul 300...500 A. Redresoarele sunt folosite în special pentru procedee de sudură în gaz protector (v. Cap. 6).

Este interzisă folosirea transformatoarelor de curent alternativ, datorită riscului mare de producere a şocurilor electrice. Sursa de alimentare cu energie electrică

trebuie să fie fixată pentru a împiedica deplasarea ei datorită vibrațiilor. Înainte de executarea operațiunilor de tăiere sub apă, se verifică întreaga instalație electrică pentru a se preveni un scurtcircuit.

Se verifică împământarea şi rezistența de izolație a instalației care trebuie să fie în limitele instrucțiunilor de exploatare. Personalul de deservire al sursei electrice, trebuie să poarte mănuşi şi cizme din cauciuc electroizolant.

Legăturile de la secundarul sursei trebuie făcute în conformitate cu instrucțiunile de exploatare ale acesteia: polul negativ la portelectrod şi polul pozitiv la masă (polaritate directă). Înainte de începerea operațiunilor de tăiere se verifică polaritatea la suprafață, într-un vas cu apă de mare în care s-a introdus o piesă metalică la masa sursei.

d. ***Întrerupătorul cu pârghie*****.** Pentru închiderea sau deschiderea circuitului electric, la cererea scafandrului, se utilizează un întrerupător cu pârghie (fig. 5.22). Întrerupătorul cu pârghie este acționat de la suprafață de către echipa de asistență tehnică, la cererea scafandrului, prin comenzile de închidere sau deschidere a circuitului electric, atât pentru începerea sau terminarea operațiunii de tăiere, cât şi atunci când se schimbă electrodul tubular.

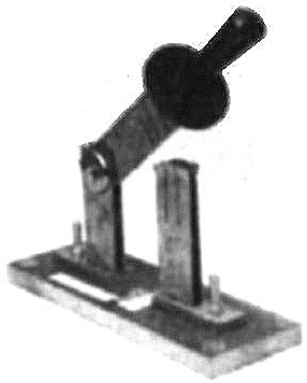


Fig. 5.22. Întrerupător cu pârghie.

e. ***Cablurile electrice*****.** Se folosesc cabluri electrice flexibile de sudare din cupru, de construcție multifilară din sârme subțiri acoperite cu o înfăşurare din fire de bumbac şi izolație din cauciuc (fig. 5.23).

Fig. 5.23. Cablu electric pentru tăiere oxi-arc.

Cablul electric care alimentează portelectrodul, trebuie să fie suficient de lung pentru a permite lucrul lejer, să fie flexibil şi dintr-o bucată, formând o buclă după mâna scafandrului. Conectorii subacvatici trebuie să fie bine prinşi şi să aibă o bună izolație, având la un capat o clemă de contact pentru fixare de piesă (fig. 5.24).

În cazul în care este necesară prelungirea cablurilor, aceasta se face numai cu racorduri fixe sau demontabile, special destinate, aceleaşi racorduri cu racordurile pentru cablurile de sudare prezentate în figura 6.7.

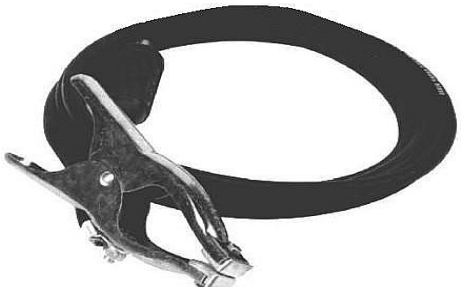


Fig. 5.24. Clemă de contact.

Cablurile electrice trebuie ferite de şocuri mecanice. De asemenea, cablurile trebuie să fie etichetate pentru a se preveni utilizarea lor în alte scopuri. Secţiunile de cabluri cele mai utilizate sunt: 25 mm^2, 35 mm^2, 50 mm^2, 70 mm^2, 95 mm^2, până la 165 mm^2 şi sunt reglementate conform SR CEI 245-6. Pentru operaţiile de tăiere la adâncimi mari, pierderile de curent electric pot fi compensate prin utilizarea unor cabluri electrice cu secţiune mare. În figura 5.25, se arată căderea de tensiune pe unitatea de cablu electric de 30 m lungime.

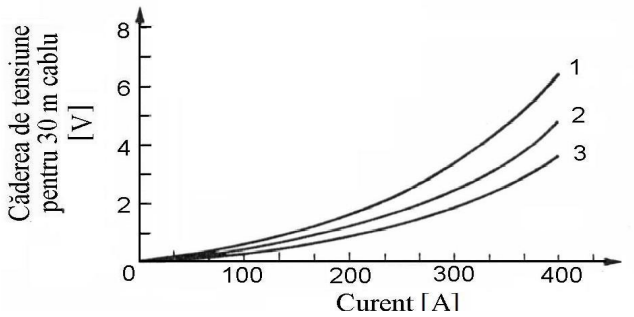


Fig. 5.25. Căderea de tensiune pe unitatea de cablu electric de 30 m:
1– cablu de 50 mm^2; 2– cablu de 70 mm^2; 3– cablu de 95 mm^2.

f. ***Buteliile cu oxigen*****.** Instalaţia de alimentare cu oxigen împreună cu reductoarele de presiune şi furtunurile aferente necesită aceleaşi norme de securitate ca şi în cazul operaţiunilor de tăiere efectuate cu procedeul oxi-gaz.

În tabelul 5.8 este prezentată valoarea presiunii oxigenului în funcţie de grosimea metalului care trebuie tăiat.

Tabelul 5.8

Valoarea presiunii oxigenului în funcţie de grosimea metalului de tăiat

Grosimea metalului [mm]	Presiunea oxigenului la portelectrod, [bar (sc.man.)]
6	1,5
10	2,1
15	2,5
20	2,8
25	3,

Tabelul 5.9

Presiunea oxigenului exprimată în bar (sc.man.) funcție de adâncimea apei şi de grosimea metalului care trebuie tăiat, la o intensitate a curentului electric de 350 A sau 470 A.

Adâncimea apei [m]	Intensitate curent [A]	Grosime metal de tăiat [mm]															
		3	6	9	12,5	16	19	22	25	28	31	34	37,5	41	44	47	50
3	350	2	2,3	2,4	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7	7,7					
	470	1,4	1,5	1,7	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,5	6	6,7	7,5	8	8,4	8,8	9,1
6	350	2,4	2,5	2,7	3	3,7	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2	7,9					
	470	1,6	1,7	1,9	2,3	3	3,7	4,4	5,1	5,7	6,4	7	7,7	8,2	8,6	8,9	9,3
9	350	2,7	2,8	2,9	3,3	4	4,7	5,4	6	6,8	7,5	8,2					
	470	1,9	2	2,2	2,6	3,3	4	4,7	5,4	5,9	6,6	7,3	8	8,5	8,9	9,2	9,6
12	350	3	3,1	3,3	3,6	4,3	5	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5					
	470	2,2	2,4	2,5	2,9	3,6	4,3	5	5,7	6,3	6,9	7,7	8,3	8,9	9,4	9,6	9,9
15	350	3,4	3,5	3,6	4,1	4,7	5,4	6,1	6,9	7,6	8,3	9					
	470	2,7	2,8	2,9	3,4	4	4,7	5,4	6,1	6,7	7,3	8,1	8,7	9,3	9,7	10	10,3
18	350	3,8	4	4,1	4,6	5,2	5,9	6,6	7,3	8	8,7	9,4					
	470	3,1	3,3	3,4	3,9	4,5	5,2	5,9	6,6	7,2	7,8	8,6	9,2	9,8	10	10,5	10,8
21	350	4,4	4,5	4,7	5,2	5,8	6,5	7,2	7,9	8,5	9,2	10					
	470	3,7	3,8	4	4,5	5,1	5,8	6,5	7,2	7,8	8,4	9,2	9,8	10,4	10,7	11	11,4
24	350	5	5,2	5,3	5,8	6,4	7,1	7,8	8,5	9,1	9,7	10,6					
	470	4,3	4,5	4,6	5,1	5,7	6,4	7,1	7,8	8,4	9	9,8	10,4	11	11,3	11,7	12
27	350	5,7	5,9	6	6,5	7,1	7,8	8,5	9,2	9,8	10,4	11,3					
	470	5	5,1	5,3	5,8	6,4	7,1	7,8	8,5	9,1	9,7	10,5	11,1	11,7	12	12,4	12,7
30	350	6,5	6,6	6,8	7,3	7,9	8,6	9,3	10	10,6	11,2	12,1					
	470	5,8	5,9	6	6,6	7,2	7,9	8,6	9,3	9,9	10,5	11,3	12	12,5	12,8	13,1	13,5

În tabelul 5.9 sunt arătate presiunea oxigenului în funcţie de adâncimea apei şi grosimea materialului care trebuie tăiat. Pentru grosimi cuprinse între 50 mm şi 200 mm se măreşte presiunea oxigenului cu 7 bar (sc.man.), la care se adaugă 0,1 bar (sc.man.) pentru fiecare metru de adâncime şi 0,35...0,7 bar (sc.man.) pentru fiecare 30 m de furtun. Consumul de oxigen variază între 5 m_N^3/h şi 15 m_N^3/h, depinzând de diametrul electrodului.

Reglarea sub valoarea optimă a debitului de oxigen de tăiere va încetini operaţia şi va spori oboseala scafandrului. O cantitate prea mare de oxigen pentru o anumită grosime de material conduce la risipă şi la sporirea oboselii scafandrului pentru menţinerea portelectrodului în poziţie de tăiere datorită reacţiunii exercitate asupra duzei de oxigen.

Se recomandă numai utilizarea furtunurilor din cauciuc cu inserţie dublă, încercate la presiunea de 70 bar (sc.abs.) şi având diametrul interior de 6,3 mm pentru lucrul la adâncimi mici şi de 9,5 mm pentru lucrul la adâncimi medii şi mari.

Pentru efectuarea în mod corespunzător a tăierii oxi-arc cu electrozi tubulari este necesar de ştiut viteza de tăiere a electrozilor pentru diferite grosimi ale metalului de tăiat, cantitatea de electrozi necesară cât şi cantitatea de oxigen consumată. Astfel, pentru exemplificare, în tabelul 5.10 este prezentată viteza de tăiere funcţie de grosimea metalului de tăiat.

Tabelul 5.10

Viteza de tăiere prin metoda oxi-arc funcţie de grosimea metalului de tăiat

Grosime metal [mm]	5	6	8	12	16	18	20	25	40	50	80
Viteza de tăiere [mm/min]	0,909	0,65	0,715	0,5	0,57	0,45	0,5	0,375	0,222	0,16	0,128

Pentru efectuarea tăierii oxi-arc, scafandrul poate lua cu el portelectrodul şi electrozii sau acestea pot fi coborâte sub apă de către personalul desemnat cu asistenţa tehnică de la suprafaţă.

Suprafaţa piesei care urmează a fi tăiată trebuie mai întâi să fie bine curăţată de depuneri marine atât în locul unde se fixează clema de contact, cât şi la locul tăierii. Pentru curăţare se utilizează o perie rotativă din oţel fixată pe o unealtă acţionată pneumatic sau hidraulic, sau o lance de apă.

Tehnica tăierii metalului cu grosime mai mare de 6 m, utilizând electrozi tubulari din oţel, parcurge mai multe etape cum ar fi:

- se poziţionează electrodul perpendicular la suprafaţă atingând suprafaţa de tăiat; se deschide robinetul oxigenului şi se cere închiderea circuitului electric; se îndepărtează puţin electrodul pentru a începe tăierea, după amorsarea arcului;

– după ce s-a început tăierea, se mişcă electrodul de-a lungul liniei de tăiere, menținând poziția perpendiculară sau uşor înclinată înainte spre direcția de avans. În timpul efectuării tăierii, se aplică pe electrod o forță în două direcții şi anume în jos pentru a asigura menținerea contactului şi pentru a compensa consumarea electrodului şi înainte pentru avansarea tăierii; dacă se produce o tăiere incompletă, se întrerupe tăierea şi se reia la mică distanță în urmă pentru a se efectua corect;
– la consumarea unui electrod, scafandrul cere întreruperea curentului electric înainte de a-l schimba; astfel, se menține portelectrodul în poziție de tăiere, se întrerupe fluxul oxigenului până când se confirmă de către asistența tehnică de la suprafață întreruperea curentului electric, apoi se schimbă electrodul.

Pentru tăierea metalului cu grosimi mai mici de 6 mm, electrodul se înclină la un unghi de 45^0, atingând foarte uşor suprafața de tăiat.

Pentru realizarea găurilor în materiale metalice cu grosimi de 75...80 mm, se procedează astfel:

– se poziționează electrodul perpendicular pe suprafața piesei de tăiat atingând suprafața, se deschide robinetul oxigenului şi se cere închiderea curentului electric;
– se menține puțin electrodul pentru a permite topirea acestuia în interiorul piesei, apoi se avansează în jos electrodul, în orificiu, până la obținerea penetrării materialului.

Pentru efectuarea tăierii în fier forjat sau în material neferos, nu mai este necesară utilizarea oxigenului pentru efectuarea tăierii, ci numai pentru îndepărtarea materialului ars, deoarece tăierea are loc prin topire.

După ce s-a început tăierea, se poziționează electrodul la un unghi de 45^0 cu suprafața de tăiat, procedându-se la avansarea în jos a electrodului în piesă şi purjând oxigen pentru îndepărtarea materialului topit. În cazul în care tăierea se execută folosind electrozi tubulari din cărbune, arcul electric se menține mult mai uşor decât în cazul tăierii cu electrozi tubulari din oțel. Se poate admite utilizarea aerului comprimat în locul oxigenului atunci când se taie metale neferoase sau chiar oțeluri nealiate şi aliate, datorită prețului de cost mai scăzut.

Pentru efectuarea tăierii cu ajutorul electrozilor tubulari din cărbune se procedează astfel:

– pentru începerea tăierii, se ține eletrodul perpendicular pe suprafața de tăiat atingând metalul cu capătul electrodului; scafandrul deschide alimentarea cu oxigen, cere închiderea circuitului electric şi îndepărtează uşor electrodul de metal pentru a obține arcul electric;
– pentru înaintarea tăierii începute, se avansează electrodul de-a lungul liniei de tăiere, păstrând electrodul fie perpendicular fie înclinat uşor înspre direcția de înaintare; capătul electrodului trebuie să atingă uşor, în mod continuu, metalul de tăiat, scafandrul aplicând o uşoară forță în jos şi înainte pentru compensarea consumului de electrod şi respectiv pentru a avansa tăierea; utilizând electrozi tubulari din cărbune, este necesar numai un contact minim cu obiectul de tăiat;

– în cazul în care tăierea se întrerupe datorită unei obstrucţiuni din obiectul de tăiat sau a unei greşeli în manevrare, aceasta se face observată prin apariţia unei flăcări deosebit de luminoasă; în acest caz, scafandrul trebuie să ridice electrodul din acel loc şi se deplasează puţin înapoi pentru a relua tăierea; când electrodul a ajuns la aproximativ 5 cm distanţă de portelectrod, scafandrul cere deschiderea circuitului electric, iar după confirmare, înlătură electrodul rămas înlocuindu-l cu unul nou.

Pentru scafandrii neexperimentaţi, se recomandă practicarea la suprafaţă a tăierii cu electrozi tubulari ca exerciţiu.

La orice activitate de tăiere oxi-arc, se recomandă purtarea echipamentului de protecţie corespunzător atât la suprafaţă cât şi sub apă. Înlăturarea efectelor nedorite ale curentului electric se realizează prin izolarea cu material dielectric a portelectrodului şi impregnarea cu un strat electroizolant a învelişului electrodului. De asemenea, se izolează părţile metalice ale măştii faciale sau căştii scafandrului şi se poartă, obligatoriu, mănuşi din cauciuc precum şi geam de sudare nr. 4 sau 5 (fig. 5.26).

Firma ARCAIR din S.U.A. a produs un sistem de tăiere oxi-arc subacvatic care este complet portabil. Sistemul poate fi utilizat numai până la adâncimea de 20 m şi este alcătuit din toate elementele de care are nevoie scafandrul pentru efectuarea tăierii oxi-arc şi anume (fig. 5.27):

– două butelii cu oxigen având fiecare capacitatea de 1700 ℓ_N, cantitate suficientă pentru arderea a 10 electrozi tubulari;
– regulator de presiune reglat la presiunea de ieşire de 5,25 bar (sc.man.);
– portelectrod în care se pot fixa electrozii ultratermici;
– baterie reîncărcabilă folosită pentru aprinderea a 20 de electrozi /încărcătură; reîncărcarea bateriei necesită un timp de aproximativ 3ore;
– aprinzător pentru electrozi conectaţi la baterie;
– sistem de control al flotabilităţii folosit de către scafandru în special în timpul coborârii sau al urcării la suprafaţă, precum şi atunci când se află în poziţie de lucru.

Echipamentul este purtat pe spate de către scafandru şi are următoarele caracteristici dimensionale de greutate: 72,4 cm înălţime, 58,4 cm lăţime şi 67,7 kg greutate la suprafaţă.

Fig. 5.26. Geam de sudare pentru scafandru.

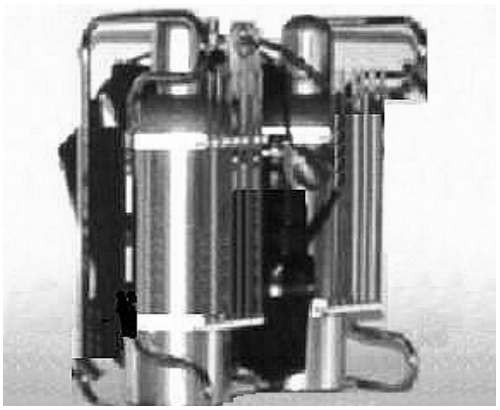


Fig. 5.27. Sistem de tăiere oxi-arc subacvatic, portabil.

5.2.2.2. Tăierea cu lance termică

Limitările de utilizare a procedeului de tăiere sub apă oxi-arc cu electrozi tubulari sunt date de următoarele dezavantaje specifice procedeului:

- necesitatea folosirii unui generator de curent continuu de dimensiuni relativ mari şi greu;
- tăierea numai unei anumite grosimi de metal;
- necesitatea înlocuirii frecvente a electrozilor de către scafandri, lucru dificil de realizat sub apă;
- existența unui permanent pericol de electrocutare.

Toate aceste dezavantaje pot fi înlăturate prin folosirea unui echipament pentru tăiere subacvatică denumit lance termică sau lance cu oxigen cu țeavă de topire. Acest procedeu a fost descoperit în anul 1898 de Dr. Ernst Manne ce utiliza la început o țeavă din oțel cu perete gros prin care trecea un jet de oxigen. Echipamentul este folosit în industrie, pe uscat, însă sub apă a fost utilizat abia în anul 1960. Funcționarea acestuia are la bază faptul că un tub special din oțel prin care circulă oxigen în mod continuu, poate genera un arc electric de suficientă intensitate ($>5500^0$C) care poate arde orice substanță (materiale metalice, rocă, beton etc.).

O lance termică constă dintr-un tub din oțel în interiorul căruia se află o serie de vergele subțiri din oțel, aluminiu sau magneziu al căror număr poate varia între 12 şi 26. Tubul are lungimea de aproximativ 3 m şi un diametru exterior de 6, 8, 9, 12, 16, 17 sau 21 mm, un diametru interior de 3,2...6,4 mm şi o greutate de 1,5...2,5 kg/m, diametrele depinzând de fabricant.

Lancea termică poate fi aprinsă cu ajutorul unei surse secundare de căldură care poate fi un arzător oxi-arc, o sursă de curent continuu sau un portelectrod oxi-arc. O dată combustia pornită, lancea termică nu mai poate fi oprită decât prin închiderea alimentării cu oxigen, chiar şi după aceasta, lancea termică continuând să ardă pentru încă câteva secunde. De aceea, lancea termică trebuie oprită atunci când au mai rămas neconsumați aproximativ 300 mm din lungime.

Cu ajutorul echipamentului de lance termică se poate tăia sub apă orice tip de material: oțel, metale neferoase, rocă şi beton cu grosimi cuprinse între 600 mm şi 2500 mm, iar într-un arbore masiv de elice, lancea termică poate tăia 300 mm de oțel într-un minut, consumând 200...300 mm din lungime. O lungime completă de aproximativ 3 m de tub poate dura aproximativ 6 minute. De asemenea, cu ajutorul lancei termice se pot executa găuri cu un diametru de 40...50 mm în orice tip de material. În tabelul 5.11 se prezintă, informativ, unele caracteristici specifice tăierii cu lancea termică.

Tabelul 5.11

Consumul de oxigen şi de lungime de lance
funcție de tipul şi grosimea matrialului de tăiat şi de diametrul lancei termice

Material de tăiat	Grosime material [cm]	Diametru exterior lance [mm]	Consum oxigen [m^3_N]	Consum lungime lance [m]	Timp necesar
Beton	25	17	0,6...0,8	1,3...1,6	1’20”...1’40”
Beton	60	17	1,5...2,5	3...5	3’…5’

Un echipament pentru tăiere cu lance termică se poate compune din (fig. 5.28): sursa de curent electric, buteliile cu oxigen, reductoarele de presiune, furtunurile pentru oxigen, lancea termică prevăzută cu un robinet cu ventil cu două căi acționat cu pârghie şi întrerupătorul cu pârghie.

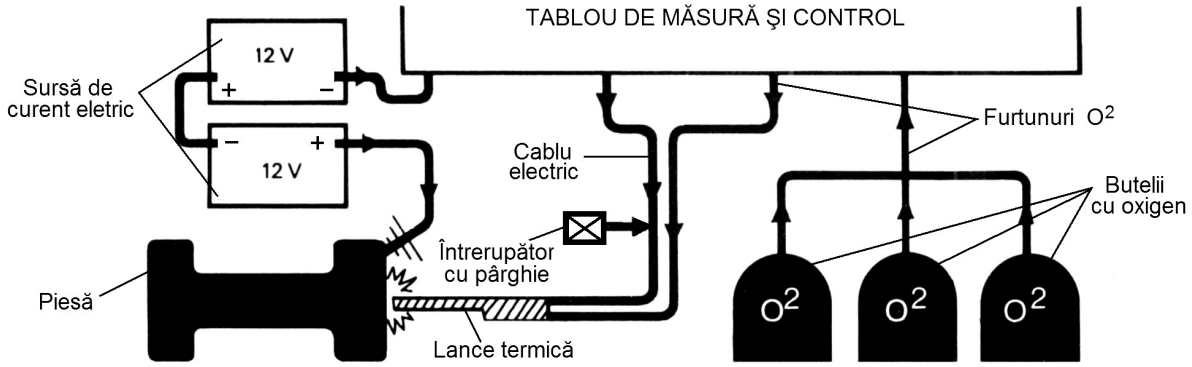


Fig. 5.28. Părțile componente ale echipamentului de tăiere cu lance termică.

Lucrări de tăiere subacvatică cu lance termică pot fi executate de către scafandri până la adâncimea de 90 m sau chiar mai mult, în funcție de tipul de lance utilizat.

Desfăşurarea procesului de tăiere are loc în mod asemănător celui de tăiere oxi-arc cu electrod tubular. Astfel, o dată amorsarea realizată, scafandrul dirijează lancea către piesa de tăiat şi deschide robinetul oxigenului. Când arderea începe, lancea este îndreptată şi apăsată spre locul de tăiere. Materialul se topeşte, în timp ce scafandrul menține, fără să apese excesiv, extremitatea lancei în contact cu materialul. O uşoară mişcare de oscilație facilitează degajarea materialului topit. Dacă o lungime de lance este consumată, se poate înlocui cu o alta, a cărei aprindere se poate face în acelaşi mod.

În cazul tăierii verticale, consumul lancei este cu 20% mai ridicat decât la tăierea orizontală. Pentru a se opri tăierea, se întrerupe debitul de oxigen prin închiderea robinetului. Chiar după ce fluxul de oxigen a fost întrerupt, lancea termică va continua să ardă timp de aproximativ 5 secunde sau pe o lungime de aproximativ 30 cm.

În ceea ce priveşte presiunea oxigenului necesar efectuării tăierii, se pot folosi următoarele valori:

- la adâncimi de până la 18 m:
  - pentru lance cu diametrul de 6 mm: 17,5...21 bar (sc.man.);
  - pentru lance cu diametrul de 12 mm: 23...26 bar (sc.man.);
- la adâncimi de peste 18 m: pentru fiecare metru adâncime se măreşte presiunea oxigenului cu 0,77 bar (sc.man.). Spre exemplu, 3 butelii cu oxigen, având fiecare capacitatea de aproximativ 6000 ℓ_N, vor fi sufiente pentru a tăia metal cu grosimea de 50 mm pe o lungime de aproximativ 1,5 m la adâncimea de 18 m.

Pentru tăierea metalului de grosime mare, se procedează tăind cu lancea termică în circumferință şi ridicând lancea la fiecare 2...3 secunde pentru a permite apei să pătrundă. Acțiunea de tăiere trebuie să fie mai mult una de "periere" sau "lovire" decât una continuă într-un singur loc, deoarece aceasta poate conduce la producerea unei explozii.

Atunci când echipamentul de tăiere cu lancea termică se utilizează sub apă, se recomandă ca scafandrul să poarte cască rigidă al cărui geam să fie protejat cu un geam de sudură şi mănuşi din cauciuc peste care se pun mănuşi din neopren.

Întreținerea echipamentului trebuie să cuprindă următoarele măsuri: deconectarea şi curățarea tuturor legăturilor electrice, uscarea lor şi aplicarea de unsoare siliconică; toate conexiunile la oxigen trebuie curățate în acelaşi mod, asigurându-se că nu a pătruns ulei; lamelele întrerupătorului cu pârghie trebuie curățate cu hârtie abrazivă pentru a-i reda suprafața curată de cupru şi apoi aplicată o unsoare siliconică; capătul furtunului de oxigen trebuie acoperit cu o bandă adezivă pentru a se preveni pătrunderea prafului şi contaminarea cu ulei.

La orice operație de tăiere subacvatică cu lance termică, se vor respecta cu strictețe regulile generale de protecția muncii, precum şi cele speciale de protecție prescrise de fabricant în cartea tehnică.

5.2.3. TĂIEREA ELECTRICĂ CU ELECTROZI ÎNVELIȚI

Tăierea electrică cu electrozi înveliți este un procedeu de tăiere termică prin topire, la care sursa termică este arcul electric amorsat între un electrod fuzibil învelit şi piesa de tăiat.

Această tehnică este una dintre cele mai cunoscute şi aplicate tehnici utilizate în lucrările de reparații subacvatice, ce necesită tăiere. Procedeul utilizează acelaşi utilaj şi aceleaşi materiale ca şi sudarea subacvatică în mediu umed cu electrozi fuzibili înveliți, dar se utilizează intensități de curent mai mari, iar tehnica operatorie este diferită. Se pot efectua tăieri în poziție atât orizontală cât şi verticală.

În timpul operației de tăiere electrică se formează bule de gaze datorită evaporării şi descompunerii apei cât şi creării vaporilor şi gazelor produse prin topirea materialelor de bază şi de adaos (învelişul electrodului şi cel hidroizolator).

Arcul electric descompune apa în hidrogen şi oxigen, iar produşii de ardere ai metalului şi ai învelişului (oxid de fier), formează un nor de suspensii care împiedică observarea arcului.

Pentru compensarea pierderilor termice datorate acțiunii de răcire a apei, tensiunea arcului electric subacvatic trebuie să fie mai ridicată decât la sudarea în aer cu circa 30...50%. Pentru o amorsare comodă a arcului şi evitarea întreruperilor sunt necesare surse de sudare cu tensiunea de mers în gol $U_0 > 60\,V$. Prin folosirea curentului continuu, arcul arde mai stabil decât în cazul curentului alternativ, deoarece curentul continuu descompune electrolitic apa înaintea amorsării arcului, uşurând procesul de tăiere.

Nu se recomandă utilizarea curentului alternativ deoarece, pe lângă faptul că prezintă un pericol mai mare de electrocutare, acesta descompune apa cu viteză mai mare, creând bule de gaze şi îngreunând amorsarea arcului electric.

Sârma electrod se topeşte mai repede decât învelişul, iar la capătul electrodului apare un crater. Formarea lui este favorizată de contactul suprafeței exterioare a învelişului cu apa. Craterul facilitează arderea stabilă a arcului electric în mediul subacvatic, fiind uneori cauza dificultăților de reamorsare.

Tăierea electrică cu electrozi înveliți constituie o bună metodă pentru tăierea subacvatică a oțelului inoxidabil, fontei, alamei, bronzului şi a altor metale neferoase.

Electrozii înveliți destinați tăierii subacvatice au vergeaua metalică din oțel cu conținut redus de carbon (0,1%), cu diametrul exterior de 4 mm sau 5 mm şi lungimea de 450 mm. Învelişul poate fi acid, celulozic, titanic, bazic sau semibazic şi conține elemente ca fier, oxid de titan, feldspat, feroaliaje, pulbere de fier, zirconiu, silicat de sodiu (liant) etc. Învelişul se realizează prin amestecarea materialelor componente şi presarea lor pe vergeaua din oțel, urmată de calcinarea la o temperatură de 250...300^{0}C. Grosimea învelişului poate fi de 0,8...1 mm. După calcinare, pentru evaporarea apei din înveliş, pe suprafața electrodului se aplică, prin impregnare sau imersionare, o peliculă hidroizolantă care poate fi alcătuită din parafină, celuloid dizolvat în acetonă, bitum, vopsea, lac pe bază de nitroceluloză, lac cu glicerină, policlorură de vinil, răşini etc.

Pentru tăierea electrică sub apă pot fi utilizați şi electrozi înveliți destinați tăierii şi craituirii la suprafață. Aceştia, la unul din capete, nu sunt acoperiți cu înveliş pe o lungime de 20...30 mm pentru prindere în portelectrod, iar la celălalt capăt sunt polizați sub un unghi de 45^0 pe o lungime de 2,5 mm pentru amorsare. Aceşti electrozi sunt vopsiți în culori distincte (roşu, negru etc.)

Principalele avantaje şi inconveniente ale materialelor hidroizolatoare sunt:

- parafina nu prezintă etanşeitate perfectă şi se topeşte înaintea electrodului;
- celuloidul poate prezenta microfisuri şi nu este perfect etanş;
- fenolul este impermeabil şi rezistă timp îndelungat la acțiunea apei, dar crează un reziduu care îngreunează tăierea;
- bitumul se desprinde uşor de pe înveliş după o imersie de câteva ore şi crează de asemenea, la extremitatea electrodului, un reziduu care îngreunează tăierea;
- vinilul asigură o bună etanşare şi nu îngreunează procesul de tăiere.

Sursa de curent electric este asemănătoare celei utilizate la sudura subacvatică (grup electrogen) (v. Cap. 6), însă valoarea curentului folosit la tăierea subacvatică este de minimum 300 A şi poate atinge maximum 500 A. Utilizarea unor curenți mai mari, pe lângă faptul că contravine regulilor de protecția muncii, conduce la mărirea vitezei de ardere a electrodului. Odată cu creşterea grosimii piesei de tăiat, scade rapid productivitatea, deoarece timpul necesar schimbării electrozilor şi amorsării arcului electric este mai mare decât timpul de ardere al electrozilor şi, de asemenea, creşte consumul de electrozi.

Tăierea electrică cu electrozi înveliți este avantajoasă pentru grosimi ale materialelor de până la 6 mm. Pentru grosimi ale materialului de peste 6 mm este necesară o îndemănare şi o calificare superioare ale scafandrilor.

Cu un electrod învelit având diametrul de 5 mm, s-au putut realiza operații de tăiere sub apă pentru grosimi de metal de peste 50 mm cu un curent de 350...400 A. Productivitatea poate atinge valoarea de 10 m/h pentru un consum de 3 electrozi pe metru de tăiere. Electrodul are o deplasare continuă. La grosimi de până la 15 mm, capătul electrodului trebuie să execute o mişcare continuă de-a lungul liniei de tăiere. La grosimi mai mari, electrodul se deplasează lent de la partea superioară a piesei spre partea inferioară, iar ridicarea se face prin retragere rapidă. Uşurarea îndepărtării

metalului topit se poate face prin utilizarea unei mişcări de "du-te-vino", electrodul înclinându-se înapoi, iar capătul acestuia apăsând asupra metalului topit.

Avantajele metodei de tăiere electrică sub apă cu electrozi înveliți sunt:

- scafandrul poate interveni la porțiuni ale unei structuri imerse care nu pot fi tăiate prin altă metodă de tăiere subacvatică (oxi-gaz sau oxi-arc);
- echipamentul utilizat este unul clasic de suprafață, adaptat lucrului sub apă, investiția fiind minimă;
- lucrările pot fi realizate în timp scurt şi la un cost redus;
- metoda oferă o mai mare libertate în alegerea metodologiei de reparat şi o dispunere mai comodă a secțiunilor structurii la care se intervine.

Dezavantajele cele mai importante ale metodei de tăiere electrică sub apă cu electrozi înveliți sunt:

- calitatea redusă a suprafeței tăiate;
- lățimea mare a rostului de tăiere;
- productivitatea redusă;
- consumul ridicat de electrozi;
- energia termică introdusă ridicată.

Din aceste motive, acest procedeu de tăiere subavatică nu este întru totul recomandat la grosimi ale materialului metalic de tăiat de peste 15 mm.

5.3. ALTE PROCEDEE DE TĂIERE SUBACVATICĂ CU ARIE RESTRÂNSĂ DE APLICARE

În afară de procedeele prezentate în paragrafele anterioare, mai pot fi utilizate şi alte procedee cu o arie restrânsă de aplicare. O parte dintre aceste metode sunt utilizate cu succes în operații de tăiere aferente unor lucrări subacvatice speciale.

5.3.1. TĂIEREA CU JET DE APĂ ŞI MATERIAL ABRAZIV

Procedeul de tăiere cu jet de apă la presiune înaltă a fost brevetat în anul 1968 de către Dr. Norman Franze, profesor de geniu civil la Universitatea Noua Caledonie din Canada. Principiul său a stat la baza punerii la punct a primelor utilaje de către firma Ingersoll-Rand, iar primul echipament industrial a fost comercializat în anul 1971. Din anul 1984, procedeul a fost modificat prin adăugarea de abraziv (silică, granat) în jetul de apă în scopul tăierii materialelor dure: beton, metale, oțeluri speciale etc.

După comercializarea instalațiilor de tăiere cu jet de apă şi abraziv la începutul anilor 1980 (la începutul anilor 2000 funcționau peste 2800 unități), tăierea cu jet de apă şi abraziv s-a impus ca tehnologie de vârf în industriile aeronautică, de automobile şi petroliferă, în domeniul construcțiilor etc.

În industria petroliferă offshore, tăierea cu jet de apă şi abraziv se utilizează pentru diverse lucrări de reparații şi tăiere ale unor componente ale echipamentelor de foraj marin şi ale construcțiilor subacvatice, de tăiere a conductelor şi de pregătire a sudurilor etc., fiind executate manual cu scafandri sau mecanic, echipamentele imerse fiind montate pe ROV.

Principalele avantaje tehnice şi economice care au impus tăierea cu jet de apă şi abraziv la diverse lucrări subacvatice sunt:

- posibilitatea tăierii tuturor materialelor cu utilizări industriale;
- absența încălzirii zonei prelucrate şi deci evitarea alterării proprietăților materialului în zona tăieturii;
- eliminarea necesității unei prelucrări mecanice pentru îndepărtarea zonelor afectate termic înainte de sudarea pieselor;
- lipsa deformațiilor pieselor prelucrate datorită lipsei contactului sculă-piesă;
- realizarea unor pierderi minore de material datorită rostului îngust de tăiere (0,7...2,5 mm);
- absența noxelor (praf, gaze) în timpul tăierii;
- posibilitatea efectuării de tăieri pentru materiale cu grosimi mari.

În tabelul 5.12 sunt prezentate grosimile pentru diferite materiale de tăiat, precum şi viteza de tăiere rezultată.

Tabelul 5.12

Grosimi şi viteze de tăiere cu jet de apă şi abraziv pentru diferite materiale

Material	Grosime [mm]	Viteză de tăiere [mm/min]
Kevlar	2	6000
Oțel inoxidabil/compozit de Kevlar	12	300
Oțel inoxidabil	13	175
Plăci de blindaj (dure)	17	40
Bronz de aluminiu	25	50
Fontă	60	50
Cauciuc/Compozit cu matrice metaliă	80	75
Titan/Carburi de siliciu	7	80
Beton armat/pietre ornamentale	100	25

Procesul de tăiere cu jet de apă şi abraziv constă în dirijarea unui jet de apă de înaltă presiune (3000...6000 bar) şi de mare viteză (500...900 m/s) către locul de tăiere. Presiunea foarte ridicată a jetului de apă exercită tensiuni de compresiune asupra materialului şi, ca urmare a forfecării şi eroziunii locale, se produce îndepărtarea materialului şi realizarea rostului de tăiere.

Presiunea foarte ridicată a jetului de apă se obține cu un sistem de motopompe şi cu un multiplicator hidraulic, apa sub presiune fiind înmagazinată într-un acumulator hidraulic ce reglează debitul de ieşire al jetului de apă care poate fi de 5, 20, 35 $\ell/\min$ sau chiar mai mult. Prin intermediul unor conducte de înaltă presiune din oțel inoxidabil sau furtunuri flexibile cu armături din oțel, special concepute pentru presiuni foarte mari, lichidul este dirijat printr-un ajutaj (duză) al capului de tăiere din metal dur, către suprafața de tăiat. Diametrul mic al duzei (0,08...0,5 mm) şi presiunea ridicată asigură viteza mare a jetului de apă la ieşirea din duză. Pentru tăierea materialelor dure (metale, roci etc.) se utilizează şi un abraziv în jetul de apă

obținându-se în final un jet bifazic lichid-solid. Abrazivul, amestecat cât mai omogen cu apa, poate fi granat, alumină, silică, carburi sau nitruri de siliciu şi este constituit din particule cu dimensiuni reduse (0,08...0,1 mm). Abrazivul este introdus într-o cameră de amestec a duzei capului de tăiere şi dispersat în jetul de apă. Jetul de apă transferă energia particulelor de abraziv ducând la creşterea vitezei acestora. Datorită transferului de energie, particulele de abraziv asigură 90% din energia necesară procesului de tăiere. Îndepărtarea materialului este rezultatul proceselor de eroziune, datorat tensiunilor variabile stabilite la impactul jetului cu piesa de tăiat şi de microabraziune, datorat impactului particulelor abrazive cu metalul din care este alcătuită piesa. Procesul de tăiere provoacă o deformare a suprafeței tăiate, unghiul rizurilor depinzând de corelația dintre viteza de tăiere şi puterea jetului. Pe măsura creşterii vitezei de tăiere la presiune constantă a jetului, înclinarea rizurilor creşte până la lipsa penetrării pe întreaga grosime a materialului. Lățimea rostului tăieturii este cuprinsă între 0,5...2,5 mm, iar rugozitatea poate fi de 0,1...0,6 mm.

Componentele principale ale unei instalații de tăiere cu jet de apă şi abraziv sunt următoarele:

- *pompa hidraulică*, acționată de un motor electric sau de un motor cu ardere internă, care ridică presiunea apei la aproximativ 150...200 bar (sc.man.) înainte de a o introduce în circuitul de înaltă presiune (fig. 5.29);
- *amplificatorul hidraulic* care ridică presiunea apei livrate de pompa hidraulică la valoarea necesară procesului de tăiere (2000…4000 bar (sc.man.)), asigurând o compresibilitate de 12%; este construit dintr-un cilindru cu piston de diametru mare acționat cu ulei sub presiune şi un cilindru de diametru mic pentru amplificarea presiunii apei, într-un raport de 10:1 sau 20:1;
- *conductele de legătură* care pot fi rigide sau flexibile; pentru tăierea sub apă se utilizează conductele flexibile, având multiple inserții interioare din oțel inoxidabil (fig. 5.30); raportul dintre diametrul interior şi cel exterior este cuprins de obicei între 1 şi 3; furtunul pentru abraziv trebuie să fie special, rezistent la uzură şi de presiune corespunzătoare;
- *capul de tăiere cu jet de apă şi abraziv* (fig. 5.31) care are, printre componentele esențiale, camera de amestec în care abrazivul este amestecat cu jetul de apă şi duza; camera de amestec funcționează pe principiul injectorului, respectiv depresiunea creată de jetul de apă la intrarea în camera de amestec absoarbe abrazivul prin orificiul lateral, îl amestecă cu jetul de apă şi îl conduce spre duză, la ieşirea din duză obținându-se jetul bifazic alcătuit dintr-un amestec de apă şi abraziv (fig. 5.32); duza care are un diametru interior mic, poate lansa jeturi bifazice cu puteri de 4...7 kW; aceasta trebuie să prezinte rezistență ridicată la uzură, motiv pentru care este prevăzută cu o inserție din carbură de siliciu sau tungsten; duza (fig. 5.33) se poate monta la capătul unei lance de apă, pentru a fi utilizată manual de către scafandru;
- sistemul de alimentare cu abraziv asigură debitul necesar de abraziv şi amestecarea acestuia în jetul de apă; acest sistem se compune dintr-un rezervor cu abraziv, o supapă de admisie a acestuia şi furtunul pentru conducerea abrazivului la capul de tăiere; supapa de admisie are şi rolul de a regla debitul masic de abraziv necesar tăierii.

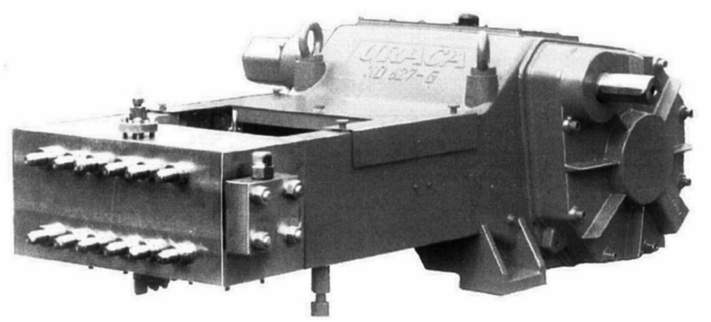


Fig. 5.29. Pompă hidraulică de înaltă presiune.

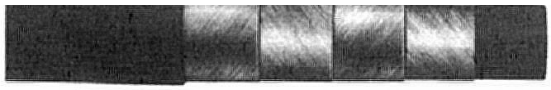


Fig. 5.30. Conductă flexibilă cu inserții din oțel.

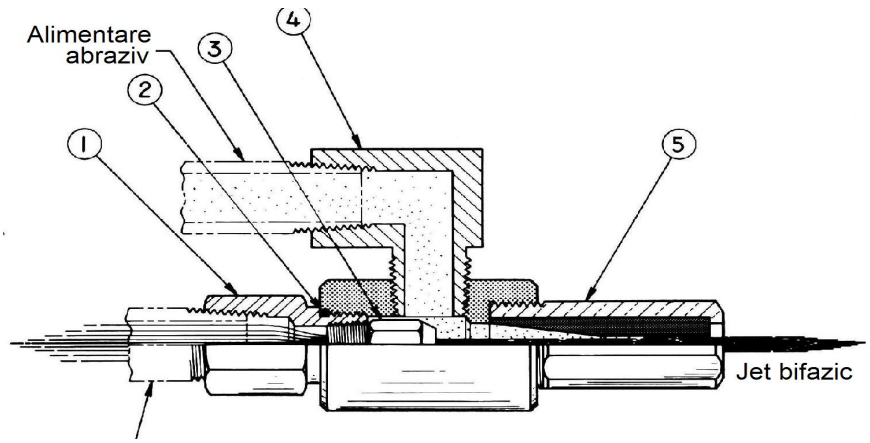


Fig. 5.31. Cap de tăiere: 1– corp fixare duză; 2– oring; 3– duză; 4– conductă abraziv; 5– cameră amestec.

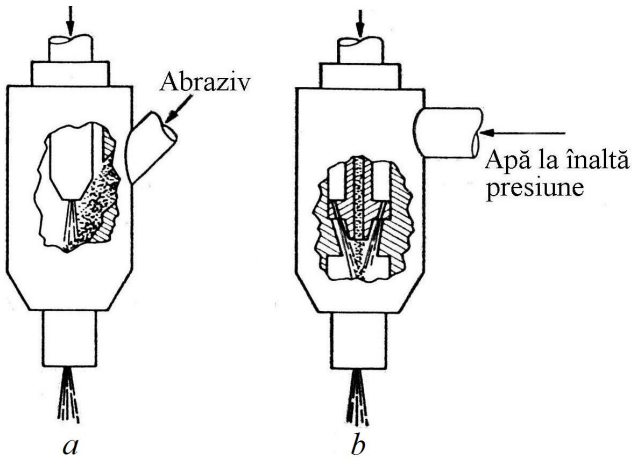


Fig. 5.32. Obținerea jetului bifazic apă-abraziv: *a* – jet central de apă cu alimentare laterală de abraziv; *b* – jeturi multiple de apă cu alimentare centrală de abraziv.

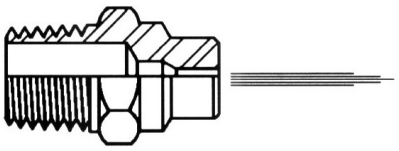


Fig. 5.33. Duză

Realizarea unui proces de tăiere cu jet de apă şi abraziv eficient din punct de vedere tehnic şi economic necesită selectarea corectă a parametrilor procesului. Aceştia sunt:

- presiunea jetului de apă care determină viteza maximă de impact a particulelor, iar prin aceasta determină adâncimea tăieturii; creşterea presiunii jetului de apă conduce la creşterea grosimii de material tăiat;
- debitul de apă care influenţează cantitatea de material îndepărtat din rostul de tăiere; creşterea debitului de apă conduce la creşterea cantităţii de material dislocat şi deci la creşterea vitezei de tăiere; modificarea debitului jetului de apă se poate face fie prin modificarea presiunii, fie prin creşterea diametrului duzei;
- debitul de abraziv care este în dependenţă de grosimea piesei de tăiat; creşterea masică a acestuia este proporţională cu grosimea materialului de tăiat;
- dimensiunea optimă a particulelor de abraziv care depinde de felul materialului de tăiat; s-a constatat că o dimensiune medie a particulelor de abraziv este mai eficientă pentru tăierea oţelului comparativ cu dimensiunile mici sau mari;
- natura abrazivului care depinde de materialul ce urmează a fi tăiat, precum şi de grosimea acestuia; calităţi superioare sunt oferite de abrazivi ca oxid de aluminiu, granat, pilitură de fier, silică şi carbură de siliciu;
- caracteristicile camerei de amestec a capului de tăiere care îndeplineşte următoarele funcţii: permite accesul jetului de apă pentru antrenarea abrazivului, asigură spaţiul necesar accelerării abrazivului şi focalizează abrazivul pe jetul de apă; caracteristicile geometrice principale ale camerei de amestec sunt diametrul şi lungimea acesteia;
- viteza de tăiere care depinde în principal de grosimea piesei; în general, creşterea vitezei de tăiere scade cu creşterea grosimii materialului de tăiat; în tabelul 5.13 sunt prezentate valorile vitezei de tăiere şi presiunii jetului de apă cu abraziv pentru calităţi optime ale tăieturii şi pentru diverse materiale metalice.

Una dintre problemele importante care apar la utilizarea procedeului de tăiere cu jet de apă şi abraziv, este necesitatea acordării unei atenţii sporite aplicării unor norme de protecţia muncii specifice.

Principala atenţie, în timpul acţionării instalaţiei, trebuie acordată etanşeităţii circuitului hidraulic. Orice scăpare de apă şi abraziv sub presiune reprezintă un pericol atât pentru scafandru cât şi pentru personalul tehnic de la suprafaţă.

Fiind un procedeu "rece", nu apar emisii sau dispersii de gaze periculoase pentru scafandru. De asemenea, nu apar scântei, evitându-se astfel riscul apariţiei exploziilor.

Tabelul 5.13

Valori ale vitezei de tăiere şi presiunii jetului de apă şi abraziv pentru calități optime ale tăieturii la diverse materiale metalice

Materialul	Grosimea [mm]	Viteza de tăiere [mm/min]	Presiunea jetului [bar(sc.man.)]
Oțel carbon moale	3	210	750
Oțel carbon de scule	8	40	750
Oțel carbon moale	10	32	690
Oțel carbon-mangan	12	50	750
Oțel carbon-mangan	25	25	750
Oțel carbon-mangan	30	20	750
Oțel carbon-mangan	50	15	690
Oțel – Stellite (8 mm)	18	50	690
Oțel – Stellite (2 mm)	17	60	690
Oțel – Stellite (6 mm)	31	15	690
Oțel cu 80% Al	10	40	750
Oțel pentru rezervoare de presiune	230	2	1000
Oțel inoxidabil	3	200	750
Oțel inoxidabil	8	60	700
Oțel inoxidabil	10	35	690
Oțel inoxidabil	50	15	700
Aluminiu	3	500	900
Aliaj de aluminiu	3	350	690
Aliaj de aluminiu	6	250	690
Aliaj de aluminiu	10	125	690
Aliaj de aluminiu	12	130	740
Aliaj de aluminiu	25	70	900
Aluminiu de blindaj	25	70	700
Aluminiu de blindaj	50	50	700
Aluminiu de 20% Se	50	20	700
Aluminiu de 20% Se	110	10	700
Cupru	3	150	750
Titan	12	36	690
Titan	25	25	690
Aliaje de titan	9	20	700

O atenție deosebită trebuie acordată de către scafandru modului de manevrare al lăncii şi, în special, acționării manuale a capului de tăiere, unde pericolul de accidentare este sporit. Jetul de apă poate provoca răni de penetrare ale țesuturilor deosebit de grave.

De asemenea, pentru asigurarea unei bune funcționări a instalației, este necesar să se efectueze teste periodice asupra părților componente ale acesteia. Astfel, se verifică supapele de siguranță şi etanşeitatea conductelor şi furtunurilor sub presiune.

5.3.2. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU PLASMĂ

Tăierea subacvatică cu plasmă şi-a găsit aplicabilitate în țări ca S.U.A. şi Italia, la demontarea componentelor reactoarelor nucleare utilizând vehicule comandate de la distanță (ROV). Procedeul a fost studiat de către A.R. Mass şi W.J. Young la Institutul Regal de Cercetare şi Dezvoltare a Armamentului din Marea Britanie. Acest procedeu a fost dezvoltat după anul 1950 şi utilizat în special pentru tăierea oțelurilor inoxidabile şi aluminiului, după care a fost extins şi pentru tăierea altor metale (oțel carbon, metale şi aliaje neferoase).

Plasma constituie a patra stare de agregare existentă în natură şi reprezintă o substanță (gazoasă) încălzită în aşa măsură încât vaporii săi se găsesc în stare puternic ionizată. În felul acesta, substanța constă din molecule, atomi, ioni, electroni şi cuante de lumină. Ionizarea se produce fie prin încălzirea puternică (plasma cu arc electric), fie sub acțiunea unui câmp de înaltă frecvență (plasma de înaltă frecvență).

Tăierea cu plasmă este tăierea cu arc electric constrâns şi situat înt-un mediu de gaz plasmogen, formând astfel un jet de plasmă protejat sau nu într-un mediu de gaz inert sau activ. Tăierea cu plasmă poate fi:

- tăiere cu jet de plasmă cu arc netransferat, aplicabilă pentru tăierea subacvatică a materialelor nemetalice;
- tăiere cu jet de plasmă cu arc transferat, aplicabilă pentru tăierea subacvatică a materialelor metalice.

Comparativ cu viteza de tăiere sub apă pentru procedeul oxi-arc, viteza procedeului de tăiere subacvatică cu plasmă este de 2...5 ori mai mare, iar productivitatea este şi ea de 3...8,5 ori mai mare.

În procesul de tăiere cu plasmă, rostul de tăiere se realizează cu un arc constrâns (arcul de plasmă) care topeşte materialul şi îl îndepărtează cu o viteză mare. Concentrarea mare a energiei şi temperatura ridicată a arcului de plasmă ($10000...14000^0$C), fac posibilă tăierea materialului şi a aliajelor metalice care nu pot fi tăiate prin procedeul oxi-gaz sau oxi-arc (oțeluri înalt aliate, refractare şi inoxidabile, aluminiu, cupru, titan şi aliajele lor etc.).

Comparativ cu procedeul de tăiere oxi-gaz sau oxi-arc, tăierea cu plasmă prezintă următoarele avantaje:

- energie dezvoltată de arcul de plasmă mult mai mare;
- viteză de tăiere ridicată;
- nu este necesară preîncălzirea materialului;
- calitate superioară a suprafeței tăieturii;

– zonă de influenţă termică cu extindere redusă;
– flexibilitate ridicată;
– preţ pe metru liniar de tăietură scăzut.

Dezavantajele procedeului de tăiere cu plasmă sunt:
– cost al echipamentului mai ridicat;
– tensiune de lucru mare şi periculoasă;
– consum energetic mai mare;
– pericol de accidente mai pronunţat.

Instalaţia standard pentru tăiere cu plasmă poate cuprinde:
– sursele de alimentare a arcului electric de plasmă (energie electrică şi gaz plasmogen);
– sursa de energie electrică a arcului transferat (când se utilizează);
– sursele de alimentare cu gazele de protecţie;
– generatorul de tăiere cu plasmă;
– panoul de comandă;
– instalaţia de răcire.

Generatorul de plasmă este o componentă principală a instalaţiei (generează practic plasmă) şi are în componenţa sa un electrod nefuzibil de wolfram, tungsten sau zirconiu şi un ajutaj din cupru răcit cu aer sau cu apă. Temperatura plasmei generate poate atinge 11093...27760^{0}C în cazul generatoarelor de mare putere. Generatoarele de plasmă se mai numesc şi plasmatroane. Generatoarele pentru tăierea cu plasmă (numite şi arzătoare sau capete de tăiere cu plasmă) sunt asemănătoare cu cele utilizate la sudarea cu plasmă cu deosebirea că, pentru tăiere, se utilizează curenţi şi debite de gaz plasmogen mai mari. Arzătorul are o construcţie specială fiind prevăzut suplimentar cu două duze exterioare concentrice. Prin duza exterioară se trimite apă dulce sub presiune, iar prin cea interioară aer comprimat.

Principalii parametrii ai procesului de tăiere cu plasmă sunt:
– intensitatea curentului şi tensiunea arcului de plasmă;
– curentul şi tensiunea arcului transferat;
– viteza de tăiere;
– tipul şi debitul gazului plasmogen;
– poziţionarea generatorului de plasmă faţă de material.

Pentru tăierea subacvatică cu plasmă, se folosesc ca gaze plasmogene azotul, argonul şi hidrogenul sau aerul comprimat. Uneori se utilizează şi un gaz secundar (aer comprimat, bioxid de carbon sau argon) pentru protejarea arcului de plasmă împotriva apei. Utilizarea argonului este limitată la grosimi de material de 40 mm şi adâncime a apei de 20 m. Tăierea cu plasmă în mediu subacvatic are o largă utilizare la instalaţiile nucleare pentru tăierea materialelor inoxidabile, însă pe cale mecanizată cu ajutorul submersibilelor de mici dimensiuni comandate de la distanţă (ROV). În prezent, se fac cercetări în laboratoare pentru a se extinde acest procedeu şi la utilizarea manuală cu ajutorul scafandrilor. Cel mai mare obstacol de depăşit pentru varianta manuală a acestui procedeu, este riscul ridicat datorat tensiunilor electrice mari.

5.3.3. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU JET DE ELECTRONI

Procedeul de tăiere cu jet de electroni a fost realizat în anul 1960 de către firma Westinghouse, care a dezvoltat un tun de electroni conceput pentru utilizare la suprafață. Firma a utilizat un tun electronic Westinghouse de 5 kW şi viteză de tăiere de 100 mm/min cu care au fost realizate tăieri de grafit şi beton sub apă. Procedeul nu a fost încercat şi pe materiale metalice deoarece s-a constatat că este nevoie de un jet suplimentar de gaz sau apă pentru a sufla metalul topit din tăietură. Datorită tensiunilor electrice mari şi a complexității mari a utilajului, este puțin probabil ca acest procedeu să fie aplicat în viitorul apropiat pentru tăierea subacvatică.

5.3.4. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU SÂRMĂ TUBULARĂ

Procedeul de tăiere cu sârmă tubulară a fost dezvoltat la Institutul de Cercetări Guvernamentale din Shikoku, din Japonia, având la bază procedeul MIG convențional. Cu această metodă se pot executa tăieturi drepte şi înclinate pentru o mare diversitate de materiale cu grosimi de peste 60 mm, la adâncime mică a apei.

Avantajele procedeului constau în faptul că se poate aplica atât la metale feroase cât şi la metale neferoase, precum şi în faptul că are o productivitate sporită datorită electrodului consumabil care este sârmă tubulară continuă, eliminându-se înlocuirea frecventă a electrodului.

Tăierea prin acest procedeu prezintă două dezavantaje majore şi anume tendința metalului topit de a curge în jurul arcului electric şi de a forma punți între marginile tăiate, precum şi cantitatea mare de zgură. Aceste dezavantaje pot fi eliminate prin folosirea unui jet de apă de înaltă presiune pentru înlăturarea băii metalice, conducând la dezvoltarea unui alt proces de tăiere.

5.3.5. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU SÂRMĂ PLINĂ ŞI JET DE APĂ SUB PRESIUNE

Procedeul de tăiere cu sârmă plină şi jet de apă a fost pus la punct de acelaşi grup de cercetători de la acelaşi institut din Japonia, având la bază acelaşi procedeu MIG convențional. Procedeul poate fi aplicat numai mecanizat (cu un ROV) şi permite executarea de tăieturi drepte şi înclinate, care se apropie foarte mult de cerințele impuse rosturilor pentru sudare la adâncimi de până la 100 m.

Principalul dezavantaj al procedeului îl constituie necesitatea menținerii relativ constante a distanței dintre duză şi piesă.

5.3.6. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU ELECTROZI DIN CĂRBUNE ŞI JET DE APĂ

Procedeul de tăiere cu electrozi din cărbune şi jet de apă, cunoscut şi sub denumirea de tăiere arc-apă, a fost experimentat tot în Japonia. Jetul de apă are rolul, şi în acest caz, de a îndepărta metalul topit din zona arcului electric.

Electrozii sunt din grafit, fiind acoperiți cu un strat subțire din cupru şi pot avea un diametru exterior de 8...9 mm şi o lungime de 228...230 mm (fig. 5.34).

Fig. 5.34. Electrozi din cărbune pentru tăiere arc-apă.

Această metodă prezintă următoarele avantaje:
- se poate aplica tuturor materialelor metalice;
- este eficientă la lucrările de remediere a cordoanelor cu defecte sau fisuri, la găurire şi la pregătirea marginilor pieselor pentru sudare cum ar fi rosturi tip V, K, U, X, pentru a se obține suprafețe curate şi netede;
- nu prezintă pericol de explozie.

Echipamentul de tăiere subacvatică cu electrozi din cărbune şi jet de apă este special şi este alcătuit din elemente cum ar fi:
- sursă de curent continuu care să asigure un curent de tăiere de 400...600 A;
- 2…4 cabluri de sudură;
- pompă de apă care să asigure un debit de minimum 13 l/min la presiune superioară celei hidrostatice corespunzătoare adâncimii apei la care se efectuează tăierea;
- furtunuri din cauciuc cu diametrul interior de 6,35...9,53 mm;
- electrozi din grafit.

S-au realizat tăieturi subacvatice de către scafandri, la adâncimi cuprinse între 62 m şi 76 m, cu o lățime de 11 mm, adânci de 9 mm şi lungi de 457 mm, consumându-se într-un minut aproximativ jumătate de electrod. Electrodul de grafit utilizat avea diametrul de 9 mm şi lungimea de 230 mm, iar intensitatea curentului utilizat de 375...400 A. Folosirea unor curenți de tăiere de până la 1000 A şi a unor tensiuni de arc de 20...30 V, a permis executarea de tăieturi în materiale având grosimea de 60 mm.

5.3.7. TĂIEREA SUBACVATICĂ CU AMESTEC DE OXIDANȚI PE BAZĂ DE FLUOR

La procedeul de tăiere cu amestec de oxidanți pe bază de fluor, realizat în S.U.A., se înlocuieşte oxigenul gazos cu un lichid oxidant pe bază de fluor (trifluorură de clor cu sau fără adaos de hidrazină). Acest amestec reacționează puternic cu majoritatea metalelor generând o cantitate mare de căldură, obținându-se astfel temperaturi şi viteze de tăiere mai mari față de cazul utilizării oxigenului. Amestecul este furnizat prin arzătoare special concepute. Cu un astfel de arzător s-a obținut o flacără sub apă care a permis preîncălzirea şi tăierea unei plăci din oțel inoxidabil de 5 mm grosime. Procedeul nu a fost dezvoltat în continuare, datorită periculozității crescute şi a prețului de cost ridicat.

Câmpul vast de acțiune în mediul subacvatic este departe de a fi acoperit, necesitățile fiind încă mari şi de aceea este oportună desfăşurarea unei intense activități de cercetare, în special pentru utilizarea noilor procedee executate în variantă manuală de către scafandru, cât şi perfecționarea procedeelor de tăiere la adâncimi mari.

În figura 5.35, se prezintă influența grosimii piesei, în cazul tăierii subacvatice a oțelului carbon, asupra vitezei de tăiere pentru diferite procedee, iar în tabelul 5.14 este prezentată o clasificare a procedeelor de tăiere subacvatică cu principalele domenii de aplicare, precum şi avantajele şi dezavantajele fiecărui procedeu.

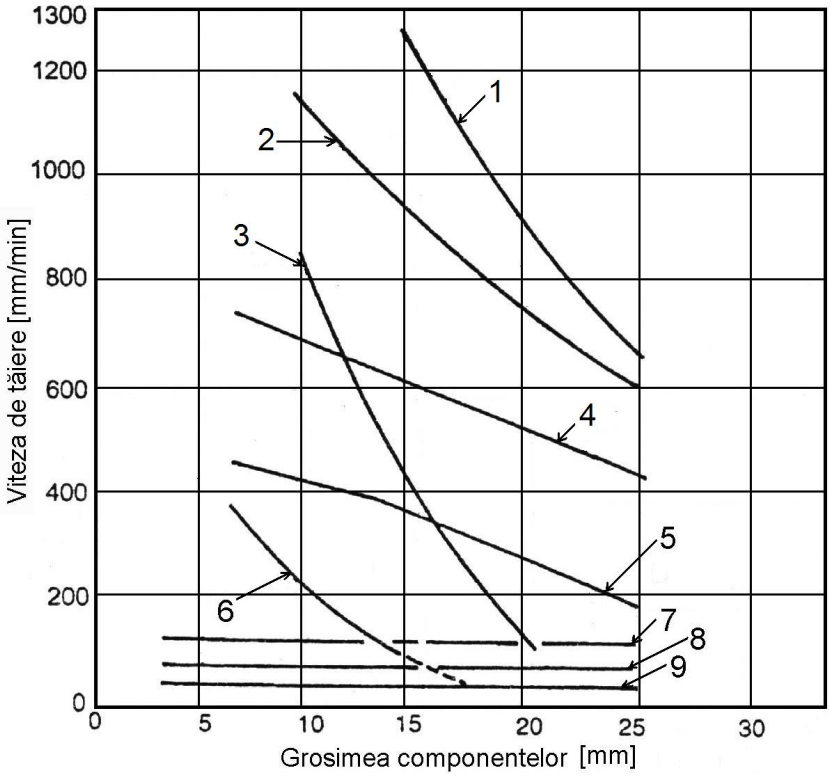


Fig. 5.35. Influența grosimii componentelor asupra vitezei de tăiere, pentru diferite procedee de tăiere: 1– cu sârmă plină şi jet de apă (I_s = 1200 A); 2– cu plasmă (gaz plasmagen argonul); 3– cu sârmă plină şi jet de apă (I_s = 600 A); 4– oxiarc cu electrod tubular din oțel; 5– oxiarc cu electrod tubular din ceramică; 6– electrică cu electrod învelit (I_s = 400 A); 7– oxihidrică; 8– mecanică dreaptă cu freză; 9– mecanică oblică cu freză.

5.4. PREZENȚA FACTORULUI UMAN LA TĂIEREA SUBACVATICĂ

Lucrările de tăiere termică subacvatică expun scafandrul la mai multe categorii de riscuri şi anume: riscuri similare celor de la operațiile de tăiere de la suprafață, riscuri specifice lucrului sub apă şi riscuri legate de conductibilitatea electrică a apei. Pe lângă aceste categorii de riscuri, trebuie luată în considerare şi influența factorului uman asupra desfăşurării procesului de tăiere.

Tabelul 5.14

Clasificarea procedeelor de tăiere sub apă

Procedeul de tăiere	Varianta	Adâncimea apei, [m]	Domeniul de aplicare	Avantajele procedeului	Dezavantajele procedeului
Oxi-gaz	Oxiacetilenică	7	Nu se foloseşte în prezent	Temperatura flăcării este mai mare decât la flacăra oxihidrică	Acetilena este instabilă la aproximativ 2 bar
	Oxihidrică	100	Materialelor feritice cu grosimea mai mare de 40 mm. Cu dificultate, grosimea poate fi extinsă la 300 m	Echipament portabil, simplu, uşor, de întreţinut. Gazul combustibil are cele mai bune proprietăţi de vaporizare	Adâncimea teoretică este limitată la 1400 m. Îndemânare mare din partea scafandrului sudor. Procedeu relativ lent
	Oxi-MAPP	100	Nu se foloseşte în prezent	Scade simţitor distanţa duză-piesă	Mânuire dificilă. Temperatura flăcării este mai mare decât a flăcării oxihidrice
	Oxi-petrol	100	Materialelor feritice cu grosimea mai mare de 40 mm. Cu dificultate, grosimea poate fi extinsă la 300 mm	Stocare uşoară a combustibilului sub presiune	Necesitatea încălzirii combustibilului până la temperatura de vaporizare
Oxi-arc	Electrod tubular din oţel	180	Materialelor feritice cu grosimea mai mare de 40 mm. Cu dificultate, grosimea poate fi extinsă	Echipament portabil şi simplu. Tehnică operatorie simplă	Suprafeţele tăiate au rugozitate mare. Este necesară schimbarea frecventă a electrodului
	Electrod tubular ceramic	aprox. 120	Materialelor feritice cu grosimea mai mare de 40 mm. Cu dificultate, grosimea poate fi extinsă	Echipament portabil, şi simplu. Tehnică operatorie simplă. Electrozi foarte uşori. Metodă aplicabilă pentru locuri greu accesibile	Electrozii tubulari ceramici sunt casanţi. Metoda este mai lentă decât metoda cu electrozi tubulari metalici
Cu electrozi înveliţi	-	60	Piese turnate din oţeluri carbon, inoxidabile şi materiale neferoase	Foloseşte acelaşi echipament ca la sudarea umedă	Se cere o îndemânare mare din partea scafandrului sudor

Tabelul 5.14 (continuare)

Clasificarea procedeelor de tăiere sub apă

Procedeul de tăiere	Varianta	Adâncimea apei, [m]	Domeniul de aplicare	Avantajele procedeului	Dezavantajele procedeului
Prin explozie	Încărcături risipite	–	Recuperări de structuri	Metodă simplă cu mânuire de la distanță	Suprafața tăieturii foarte rugoasă. Pericol pentru structurile subacvatice alăturate
	Încărcături cumulative	90	Tăiere cabluri metalice cu diametrul de peste 100 mm	Metodă simplă, rapidă, cu mânuire de la distanță. Nu se cere îndemânare din partea operatorului scafandru	Limitată la structuri geometrice simple. Pericol pentru strucurile subacvatice alăturate
Mecanică	–	180	Conducte subacvatice	Dispozitive precise pretabile pentru pregătirea în vederea sudării. Nu se cere îndemânare din partea operatorului scafandru	Procedeu lent, limitat la structuri geometrice simple
Cu plasmă	Arc transferat	4 (componente reactor nuclear)	Tăierea şi teşirea tuturor materialelor metalice cu grosimi peste 75 mm	Viteză mare de tăiere (de 2...5 ori) mai mare decât la tăierea oxi-arc), precizie, suprafață a tăieturii curată. Nu necesită schimbarea electrodului	Pericol de electrocutare în cazul tăierii manuale (tensiuni ridicate)
	Arc netransferat	–	Tăierea nemetalelor	–	Se cere putere mare
Lancea termică	–	aprox. 60 m beton	Secțiuni de metale groase	Echipamente simple şi ieftine. Taie orice material	Suprafața tăieturii este foarte rugoasă. Pericolul exploziei gazelor formate
Electrod consumabil cu jet de apă	–	1	Toate metalele cu grosimi maxime de 60 mm	Echipamente şi consumabile simple. Posibilitatea mecanizării procedeului	Vizibilitate redusă
Fascicul de electroni	–	0,5	Tăierea rocilor şi a betonului	Foloseşte densitate mare de putere	Foloseşte instalații şi echipamente sofisticate

Tăierea termică manuală subacvatică presupune o concentrare sporită din partea scafandrului deoarece, în timpul efectuării operației de tăiere, acesta este solicitat suplimentar din punct de vedere fizic. Această suprasolicitare se datorează presiunii hidrostatice, vizibilității reduse din zona arcului electric cauzată de prezența bulelor de gaz şi vapori şi de prezența echipamentului de scufundare şi a accesoriilor sale.

Dobândirea deprinderilor practice specifice tăierii subacvatice necesită un antrenament îndelungat, deoarece perioada de lucru admisă sub apă este limitată. În trecut, menținerea deprinderilor dobândite era îngreunată de faptul că scafandrii nu executau în exclusivitate operații de tăiere. Din acest motiv, firmele specializate în lucrări tehnice sub apă au introdus în practica curentă metoda ca fiecare scafandru să efectueze un anumit gen de operații, fiind specializat pentru acel gen de operații (tăiere oxi-gaz, tăiere oxi-arc, operații cu unelte pneumatice sau hidraulice, sudură, control nedistructiv, lucru cu explozivi etc.).

Selectarea persoanelor capabile să execute lucrări de tăiere sub apă este dificilă deoarece această activitate presupune atât o pregătire pentru executarea operațiilor de tăiere cât şi aptitudini şi pregătire de scafandru.

Referitor la scafandrii care execută şi lucrări de tăiere sub apă, apar următoarele cerințe: stabilirea modului în care să se efectueze antrenamentul, a modului de ierarhizare a scafandrilor deja pregătiți în raport cu deprinderile dobândite, precum şi respectarea normelor specifice de tehnica securității muncii.

Ierarhizarea scafandrilor este importantă pentru a permite executarea operativă a unor lucrări experimentale necesare elaborării tehnologiilor de tăiere şi pentru rezolvarea intervențiilor practice în baza corelării aptitudinilor scafandrilor cu gradul de dificultate şi importanță al lucrărilor.

În România, stabilirea criteriilor şi a metodologiei de testare a scafandrilor care să permită gruparea lor pe categorii, sunt cuprinse în "Norme privind organizarea şi desfăşurarea activităților de scufundare" şi în "Norme privind pregătirea, organizarea şi protecția muncii în activitatea de scufundare". Ambele lucrări au fost editate de către Centrul de Scafandri Constanța din cadrul Forțelor Navale Române, în anul 1990.

6.

SUDAREA SUBACVATICĂ

Sudarea subacvatică se poate defini ca fiind sudarea realizată sub nivelul liber al apei şi reprezentând operaţia de îmbinare a două piese prin încălzire locală în anumite condiţii de temperatură şi presiune.

În condiţiile interesului crescut din domeniul intervenţiilor subacvatice pentru întreţinerea, controlul şi repararea instalaţiilor, construcţiilor şi structurilor metalice imersate de importanţă deosebită în industrie (conducte subacvatice, platforme offshore, construcţii hidrotehnice, nave etc.), executarea de operaţii de sudare sub apă reprezintă unul dintre mijloacele de bază la care se face apel.

Operaţia propriu-zisă de sudare nu este singura pentru care se cer soluţii tehnice originale în cazul intervenţiilor subacvatice. Curăţarea zonei defecte, tăierea şi pregătirea marginilor pentru sudare, preîncălzirea şi controlul sudurilor, sunt toate probleme inseparabile de operaţia de bază care este sudarea.

Operaţiile de sudare subacvatică se pot efectua fie în contact direct cu apa, procedeul numindu-se *sudare în mediu umed*, fie într-un spaţiu uscat fără contact cu apa, procedeu care poartă denumirea de *sudare în mediu uscat*.

6.1. SUDAREA ÎN MEDIU UMED (ÎN APĂ)

Sudarea în mediu umed sau în apă, este procedeul cel mai cunoscut şi, de asemenea, cel mai aplicat până în prezent la lucrările de reparaţii subacvatice precum şi la cele de ranfluări de nave. Sudarea se face cu arc electric, direct în apă şi are ca rezultat o îmbinare sudată cu caracteristici mecanice (rezistenţă la rupere) apropiate de valorile obţinute la sudura în condiţii de suprafaţă.

Primele încercări de sudare cu arc electric sub apă datează încă din anul 1802 când Sir Humprey Davy a arătat că un arc electric imersat în apă continuă să funcţioneze. După această încercare, alţi cercetători au demonstrat în anul 1898 posibilităţile de prelucrare a materialelor metalice sub apă, utilizând electrozi din sârmă, însă rezultatele obţinute au fost mediocre. În anul 1907 suedezul Kjellberg brevetează electrodul de sudură cu înveliş, asigurând ridicarea calităţii îmbinărilor sudate. În anul 1917, Amiralitatea Britanică a întreprins unele cercetări şi a demonstrat că se poate depune metal sub apă. Aceste încercări de sudură au fost efectuate în scopul de a repara, mai rapid, bastimente şi nave de război avariate (fig. 6.1).

După această dată, s-au efectuat cercetări susţinute privind sudarea subacvatică în mai multe ţări ca S.U.A., Germania, Anglia, Franţa, fosta U.R.S.S. şi Japonia. În timpul celui de-al doilea război mondial, au fost folosiţi pentru prima dată electrozi înveliţi şi protejaţi cu un strat de lac. Aceaştia au fost dezvoltaţi în anul 1946 de către Van der Wiligen care a utilizat electrozi înveliţi, acoperiţi cu diverse substanţe hidroprotectoare. După cel de-al doilea război mondial, cercetările iau amploare ca

urmare a necesității reparării şi scoaterii la suprafață a navelor avariate sau scufundate în timpul războiului.

Fig. 6.1. Începuturile sudării subacvatice.

În anii ’60, ca urmare a dezvoltării industriei de foraj marin offshore, creşte semnificativ interesul acordat sudării subacvatice în mediu umed, precum şi apariției şi dezvoltării unor publicații de specialitate.

În anul 1970, a fost realizată prima intervenție de sudare subacvatică în mediu umed, în apă dulce, pe construcția metalică a unui doc, de către firma Chicago Bridge & Iron Co. din S.U.A., iar în anul 1971 s-a efectuat prima reparație la o structură marină offshore utilizându-se procedeul de sudare în mediu umed. După anii’70, industria şi firmele specializate pe plan mondial în lucrări tehnice sub apă, au început, în mod constant, să utilizeze procedeul de sudare în mediu umed.

În România, o importanță deosebită se acordă cercetării proceselor de sudare. În vederea perfecționării lor, se fabrică numeroase utilaje şi se produc pe scară largă materiale de adaos. Astfel, la Institutul de Sudură şi Încercări de Materiale din Timişoara s-au efectuat numeroase cercetări asupra diverselor procedee de sudură atât în aer, la suprafață, cât şi sub apă, şi s-au realizat mai multe echipamente specifice. De asemenea, în cadrul Universității Dunărea de Jos din Galați s-au pus la punct diferite instalații complexe, cum ar fi instalația de sudură subacvatică cu uscare locală, simulatorul de sudare subacvatică hiperbară etc.

6.1.1. PARTICULARITĂȚI ALE SUDĂRII ÎN MEDIU UMED

Sudarea în mediu umed, în contact direct cu apa în care se efectuează operația, are o serie de elemente specifice privind terminologia, tipurile de îmbinări sudate şi stabilitatea arcului electric. Principalele particularități ale sudării în mediu umed sunt prezentate în cele ce urmează.

6.1.1.1. Terminologie specifică

Metalul sau aliajul supus operației de îmbinare prin sudare se numeşte metal de bază, iar metalul sau aliajul de adaos care se topeşte în procesul de sudare, se numeşte metal de adaos. Topirea metalului de adaos în amestec cu metalul de bază topit formează sudura (fig. 6.2).

Metalul depus este materialul provenit din topirea metalului de adaos (electrodului) care contribuie la formarea cusăturii. Cusătura este sudura de îmbinare

de-a lungul pieselor sudate, obținută prin solidificarea materialului de bază şi a materialului de adaos.

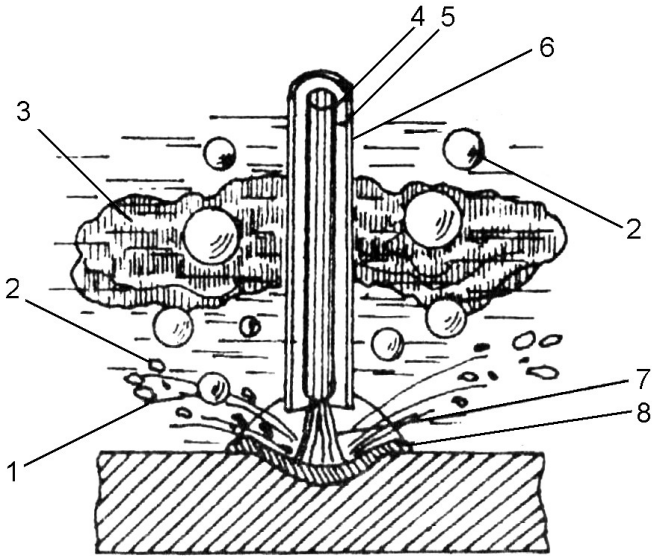


Fig. 6.2. Schema sudării subacvatice cu electrod învelit:
1– bule de gaz;
2– stropi de metal;
3– pungă de gaze;
4– sârmă electrod;
5– înveliş;
6– înveliş hidroizolator;
7– arc electric;
8– baia de metal topit.

Metoda de sudare reprezintă modul practic de execuție al unei suduri ținând seama de grosimea pieselor, de poziția lor şi de natura metalului de sudat. Sudura realizată se mai numeşte cusătură sau cordon de sudură. Spațiul delimitat de marginile pieselor care se sudează se numeşte rostul cusăturii. Partea de material de bază din vecinătatea sudurii, care nu a ajuns în stare de topire, dar care a suferit transformări structurale datorită încălzirii puternice, formează zona influențată termic. Porțiunea compusă din zona de sudură împreună cu zonele influențate termic şi cu marginile învecinate acestora formează îmbinarea sudată a pieselor.

Rândul de sudură este elementul de bază al depunerii atât pentru îmbinare cât şi pentru încărcare şi, fiind realizat în urma unei singure treceri, se mai numeşte şi trecere. Înainte de executarea unui nou rând de sudură, scafandrul sudor trebuie să curețe capătul primului rând. Două sau mai multe treceri executate la acelaşi nivel formează stratul de sudură. Înainte de executarea unui al doilea strat, cel anterior se curăță. Un rând de sudură poate constitui şi un strat în cusătura sudată dacă la acelaşi nivel nu sunt necesare şi alte rânduri. Sudura de îmbinare se formează în straturi, fiecare strat având unul sau mai multe rânduri. Sudura de încărcare poate fi, de asemenea, executată din unul sau mai multe straturi suprapuse, fiecare strat fiind format din mai multe rânduri. Rândul de sudură se mai numeşte şi rând filiform, fiind numai cu ceva mai lat decât diametrul electrodului. Rândurile filiforme se execută la rădăcina rosturilor şi se numesc rânduri sau straturi de bază.

6.1.1.2. Tipuri de îmbinări sudate

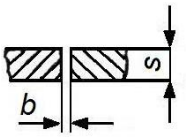
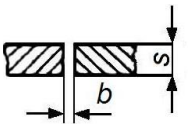
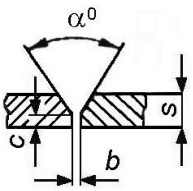
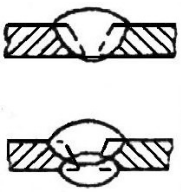
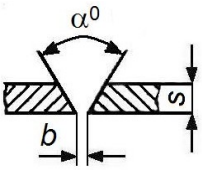
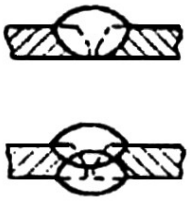
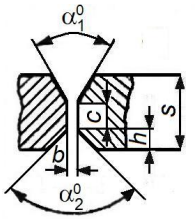
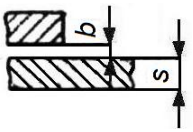
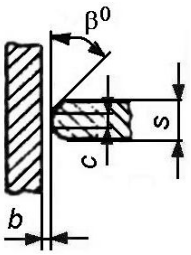
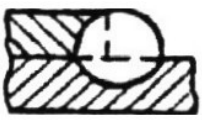
Îmbinarea sudată a unor piese reprezintă partea formată din cordonul de sudură şi zonele învecinate acestuia. La procedele de sudare prin topire, sudura de îmbinare se formează din metalul de adaos depus în rostul cusăturii.

Îmbinarea sudată primeşte denumirea după aceea a rostului sudurii, care imprimă forma sudurii. Formele rosturilor sunt în funcție de grosimea pieselor de sudat sau de poziția lor după alăturarea acestora. În tabelul 6.1 sunt date formele şi

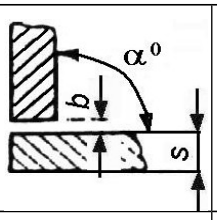
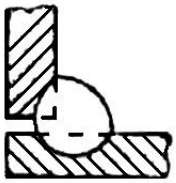
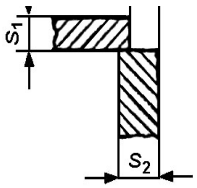
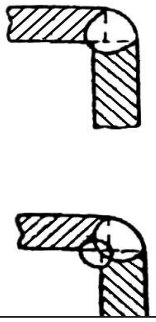
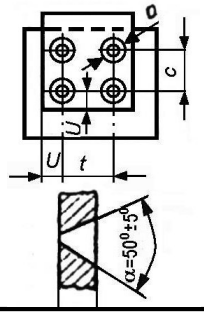
dimensiunile rosturilor caracteristice pentru sudarea manuală cu arc electric, cu electrozi metalici, a oțelului carbon şi a oțelului slab aliat.

Tabelul 6.1

Formele şi dimensiunile rosturilor pentru sudarea manuală cu arc electric, cu electrozi metalici, a oțelului carbon şi a oțelului slab aliat

Nr. crt.	Denumirea cusăturii	Forma rostului	Forma îmbinării	Grosimea metalului de bază *s* [mm]	Dimensiunile rostului		
					α [grd]	*b* [mm]	*c* [mm]
1	Sudură în I pe o parte			Până la 1	–	0...1	–
				1...3	–	0...2	–
2	Sudură în I pe ambele părți			Până la 2	–	0...1	–
				2...5	–	1...3	–
3	Sudură în V			3...20	50…60	0…3	–
4	Sudură în Y			3...20	50…60	0…3	1…3
5	Sudură în X			12…40	α_1 =50 … …60 α_2 =50 … …60	1…3	0…2
6	Sudură de colț cu margini suprapuse			> 2	–	0…2	–
7	Sudură în K			12…40	45…60	0…3	0…2

Tabelul 6.1 (continuare)

8	Sudură în colţ			> 2	> 50	0…2	–
9	Sudură pe muchie			$s_1 > 2$	$s_2 > s_1$	$e > s_1$	(rost 2 mm)
10	Sudură în găuri rotunde			>2	$d > 2\,s$; c; U şi t se stabilesc la proiectare; dacă $s > 8$ mm, teşirea se execută pe toată grosimea		

Îmbinările sudate pot fi clasificate după mai multe criterii astfel:

– după secţiunea transversală, îmbinările sudate pot fi "cap-la-cap" obţinute prin alăturarea pieselor, de colţ (în unghi) obţinute prin aşezarea pieselor perpendicular sau puţin înclinat şi care la rândul lor pot fi de colţ pe una sau pe ambele părţi şi pe muchie şi în găuri care la rândul lor pot fi cu găuri rotunde sau alungite, precum şi cu găuri teşite sau neteşite;

– după forma suprafeţei exterioare, îmbinările sudate pot fi plane, cu suprafaţa exterioară plană, convexe, cu suprafaţa exterioară îngroşată şi concave, cu suprafaţa exterioară scobită;

– după poziţiile principale ale cusăturilor, îmbinările sudate pot fi de tip A, B, C, D, E şi V în conformitate cu cele arătate în tabelul 6.2;

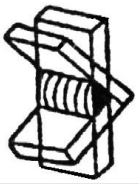
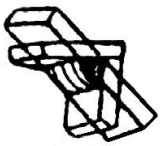
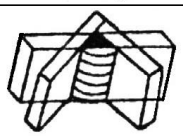
– după continuitate, îmbinările sudate pot fi continue sau discontinue; acestea din urmă, în cazul în care se formează aceleaşi îmbinări (în T), pot fi dispuse diferit adică "faţă-în-faţă" sau în zigzag;

– după poziţia sudurilor faţă de direcţia forţei de solicitare care acţionează asupra pieselor sudate (fig. 6.3), îmbinările sudate pot fi frontale, laterale, înclinate sau combinate; direcţia de acţiune a forţei faţă de cusătură este foarte importantă pentru calculul de rezistenţă al sudurilor.

Sudarea în mediu umed cu electrozi înveliţi se aplică în special la îmbinări de colţ prin suprapunere, sau "cap-la-cap".

Tabelul 6.2

Tipul poziţiilor sudurilor

Denumirea poziţiei	Notarea	Desenul
Orizontală Orizontală în jgheab	A	
Orizontală în plan înclinat Orizontală pe perete vertical	B	
Orizontală cu un perete vertical Orizontală cu pereţi înclinaţi (la 45^0)	C	
În cornişă	D	
Pe plafon (peste cap)	E	
Verticală Verticală cu colţi	V	

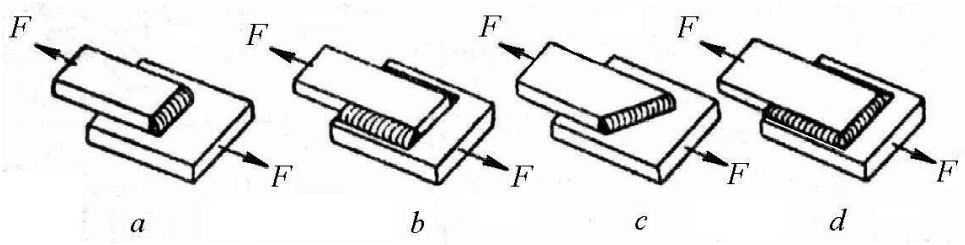


Fig. 6.3. Poziţia cusăturilor sudate faţă de direcţia forţei de solicitare care acţionează asupra sudurii: *a* – frontală; *b* – laterală; *c* – înclinată; *d* – combinată.

6.1.1.3. Stabilitatea arcului electric

Cu ajutorul arcului electric se realizează topirea marginilor pieselor de sudat, adică a metalului de bază şi a metalului de adaos, prin topirea electrodului.

La un contact uşor între electrod şi piesa de sudat, arcul formează o descărcare electrică puternică care produce o temperatură de 4000...6000^{0}C şi se menţine numai dacă intervalul dintre electrod şi piesă, format din gaze şi vapori supraîncălziţi, este ionizat, adică devine un conductor cu sarcini electrice libere (ioni şi electroni).

În activităţile de sudare sub apă, electrodul este legat la polul negativ fiind catod, electronii formaţi fiind respinşi spre anod (piesă). Aceasta este o legătură directă. Se formează pe electrod o pată catodică ce emite electroni şi pe piesă o pată anodică care primeşte electroni, cu temperatura mai înaltă decât cea a petei catodului.

Vârful electrodului este adus la incandescenţă (topire), metalul trece în picături prin intervalul arcului spre piesă, în sensul electrod-piesă, producându-se transferul metalului prin arc.

Pentru menţinerea arcului sunt necesare trei mişcări ale electrodului faţă de piesă şi anume prima mişcare de apropiere a electrodului pe măsura topirii acestuia astfel încât arcul să fie menţinut la lungimea necesară, a doua mişcare transversală, pendulară, pentru topirea marginilor de sudat şi pentru obţinerea lăţimii necesare a sudurii şi a treia mişcare de înaintare a electrodului pe linia de sudare. Metalul este transferat din electrod în baia de sudură, în formă de picături.

Lucrările de sudare subacvatică se efectuează atât în apă sărată cât şi în apă dulce.

În vederea obţinerii îmbinărilor, la realizarea operaţiei de sudare electrică sub apă, prezintă o deosebită importanţă procesele chimice, fizice şi tehnologice care au loc în timpul acestei operaţii. Descrierea amănunţită a acestora nu este posibilă în cadrul restrâns al acestei cărţi şi de aceea vor fi prezentate pe scurt numai procesele cu importanţă specială.

a. *Procesele chimice* determinante în desfăşurarea operaţiei de sudare electrică subacvatică sunt:

• ***Influenţa salinităţii apei*.** Apa de mare conţine un conglomerat de săruri, care variază în funcţie de adâncime, anotimp şi zona geografică. Principalul element este clorura de sodiu (NaCl) aflată în proporţie de 77,8%, parţial în stare disociată, la care se adaugă sulfaţii, carbonaţii etc. Gradul ridicat de disociere al sării în apa de mare explică influenţa pozitivă a acesteia asupra stabilităţii arcului electric sub apă, uşurinţa amorsării arcului în apa de mare putând fi explicată prin conductibilitatea electrică mai ridicată a apei de mare faţă de apa dulce. În consecinţă, în condiţiile sudării în apa de mare, procesul de sudare în apă sărată cu electrozi fuzibili are o desfăşurare mai stabilă decât în apă dulce, cu un consum de energie mai redus, adică stabilitatea procesului de sudare subacvatică creşte cu mărirea salinităţii apei, iar tensiunea de ionizare necesară amorsării şi menţinerii arcului electric scade.

La sudarea cu curent continuu, înaintea amorsării arcului electric se produce un efect de descompunere a apei, similar electrolizei, ceea ce uşurează amorsarea arcului electric de sudare şi măreşte stabilitatea acestuia. La bulele de gaz datorate evaporării şi descompunerii apei se adaugă şi cele rezultate prin topirea învelişului electrodului şi a hidroizolaţiei, acestea conţinând oxigen, hidrogen şi bioxid de carbon.

• ***Interacțiunea cu oxigenul.*** Prin mărirea conținutului de oxigen din oțel, sunt influențate defavorabil proprietățile mecanice (rezistența şi elasticitatea) şi rezistența la coroziune. Principala măsură necesară pentru reducerea procentului de oxigen dizolvat o constituie introducerea substanțelor dezoxidante în materialul electrodului.

• ***Interacțiunea cu hidrogenul.*** Interacțiunea cu hidrogenul poate influența atât favorabil cât şi defavorabil operația de sudare electrică, favorabil prin protejarea metalului topit de contactul cu oxigenul şi azotul şi defavorabil prin producerea fenomenului de "hydrogen cracking", devenind cauza inițierii principalelor defecte ale îmbinărilor sudate (fisuri şi pori). Solubilitatea hidrogenului în metal topit variază cu temperatura, iar difuzia sa este cu atât mai lentă cu cât temperatura este mai scăzută. Din acest motiv, este necesară utilizarea electrozilor care au un înveliş cu un conținut scăzut de hidrogen, precum şi curățarea atentă a rostului şi a zonelor adiacente înainte de efectuarea sudării.

b. *Procesele fizice* determinante în desfăşurarea operației de sudare electrică subacvatică sunt:

• ***Existența pungii de gaze, aferentă arcului electric subacvatic.*** Descărcarea arcului electric vaporizează şi descompune mediul lichid înconjurător, creând în jurul arcului o pungă de gaze care se reînnoieşte continuu în timpul sudării, astfel că, în esență, arcul electric arde într-un mediu de gaze autogenerate. Volumul pungii de gaze creşte de la zero la începutul procesului de sudare, până la o anumită mărime critică, după care se sparge. O mare parte din pungă (80…90%) se ridică la suprafața apei, iar partea care rămâne reprezintă o bază pentru formarea pungii următoare. Formarea ciclică a pungii de gaze însoțeşte permanent procesul de ardere a arcului electric sub apă.

• ***Influența vitezei de răcire.*** În cadrul sudării umede, răcirea sau solidificarea este cauzată de transferul de căldură de la suprafața sudurii şi a zonei învecinate către mediul acvatic înconjurător. Viteza de răcire creşte atât o dată cu creşterea grosimii metalului de bază şi a presiunii apei cât şi o dată cu scăderea temperaturii apei şi a cantității de căldură introdusă prin procesul de sudare. Efectul de răcire datorat apei constituie una dintre cele mai importante probleme la sudarea umedă subacvatică. Răcirea rapidă a metalului sudat determină creştearea susceptibilității la fragilizare cu hidrogen şi reducerea considerabilă atât a rezistenței la rupere cât şi a ductibilității.

• ***Efectul adâncimii (presiunii hidrostatice).*** Creşterea adâncimii la care are loc intervenția subacvatică micşorează diametrul coloanei arcului electric, creşte pătrunderea, diminuează transferul de metal topit între electrod şi materialul de bază, iar baia de metal topit devine greu de controlat. Indiferent de tipul îmbinării (cap-la--cap sau de colț), creşterea presiunii hidrostatice măreşte stropirea şi porozitatea cordonului, determinând generarea unor nivele considerabil mai mari de fum.

• ***Repartiția căderii de tensiune pe coloana arcului electric.*** Concentrarea mare de căldură datorată densității ridicate a curentului de sudare şi conductibilității mari a coloanei arcului, determină creşterea gradientului potențialului arcului la sudarea cu electrod. Modificarea gradientului de potențial al coloanei arcului pentru lungimi diferite ale arcului electric, este specifică condițiilor de sudare sub apă, deoarece are loc pătrunderea hidrogenului în zona arcului care produce o răcire puternică a coloanei arcului. Pătrunderea hidrogenului în spațiul arcului are loc la lungimi ale arcului electric mai mari de 3 mm.

c. *Procesele tehnologice* importante în desfăşurarea operaţiei de sudare electrică subacvatică.

Dintre procesele tehnologice, cel mai important de semnalat este sudabilitatea.

Sudabilitatea la sudarea umedă cu electrozi înveliţi este în funcţie de mai mulţi factori cum a fi:

- condiţiile de sudare:
  - natura curentului electric: direct;
  - tipul învelişului electrodului: rutilic, acid sau bazic;
  - proprietăţile substanţei hidroizolante: etanşeitate, rigiditate, prezenţa elementelor ionizante;
  - diametrul electrodului: maximum 4 mm;
  - stabilitatea arcului electric: mai bună în apă sărată;
  - influenţa presiunii hidrostatice: creşterea temperaturii şi micşorarea diametrului arcului electric, creşterea presiunilor parţiale ale gazelor aflate în bulele din jurul arcului electric şi diminuarea vizibilităţii;
- procesele din zona topită:
  - solidificarea: rapidă;
  - pătrunderea: depinde de curentul de sudare şi creşte proporţional cu presiunea hidrostatică;
  - defectele în cordon: incluziuni de zgură şi pori, numărul porilor creşte cu creşterea presiunii hidrostatice, iar la aceeaşi presiune depinde de intensitatea curentului de sudare, de natura şi tipul substanţei hidroizolatoare;
- comportarea zonei influenţate termic:
  - dimensiunea: variabilă;
  - timpul de răcire sau de solidificare: scurt;
  - duritatea: valori ridicate;
  - riscul de fisurare: grad ridicat de rigiditate;
  - carbonul echivalent (C_e): C_e < 0,4% C, se recomandă electrozi cu oxid de fier în înveliş; C_e > 0,4% C, se recomandă electrozi austenitici;
  - tratamentele termice: încălzire continuă, preîncălzire la 200^0C şi postîncălzire după sudare;
  - proprietăţile mecanice: se obţin rezultate mai bune cu electrozi care au în înveliş oxizi şi pulbere de fier.

În tabelul 6.3 este arătată, în rezumat, influenţa condiţiilor de sudare subacvatică umedă asupra aspectelor legate de sudabilitate.

6.1.2. ECHIPAMENTE DE SUDURĂ

În principiu, acelaşi echipament care se utilizează pentru sudarea pe uscat este utilizat şi la sudura subacvatică în mediu umed. Acesta se compune din următoarele elemente principale (fig. 6.4): sursă de curent electric, cabluri electrice, electrozi, portelectrod şi accesorii.

Tabelul 6.3

Influența condițiilor de sudare subacvatică umedă asupra aspectelor legate de sudabilitate

Aspectul legat de sudabilitate	Sudare umedă	Sudare în cameră hiperbară locală	Sudare în habitat
Fisuri de hidrogen	Risc foarte mare de fisurare	Posibilitatea unui risc crescut de fisurare pentru adâncimi mari de sudare	Posibilitatea unui risc crescut de fisurare pentru adâncimi mari de sudare
Fisuri de solidificare	Risc crescut cu creşterea adâncimii	Risc crescut cu creşterea adâncimii	Risc crescut cu creşterea adâncimii
Rupere lamelară	Posibilitatea unui risc crescut în special la adâncimi mari	Posibilitatea unui risc crescut în special la adâncimi mari	Posibilitatea unui risc crescut în special la adâncimi mari
Rezilienţă în ZIT	Deteriorare probabilă	Se anticipează un efect minor, cu excepția unor posibile deteriorări datorate fragilității imediat după sudare	Nu se anticipează efecte, cu excepția unor posibile deteriorări datorate fragilității, imediat după sudare
Rezilienţă în cordonul sudat	Deteriorare	Posibil efect la adâncime, în funcție de compoziția chimică	Posibil efect la adâncime, în funcție de compoziția chimică
Tensiuni datorate coroziunii	Risc crescut	Fără efect	Fără efect
Oboseală	Posibilă deteriorare în timp	Posibilă deteriorare în timp	Posibilă deteriorare în timp

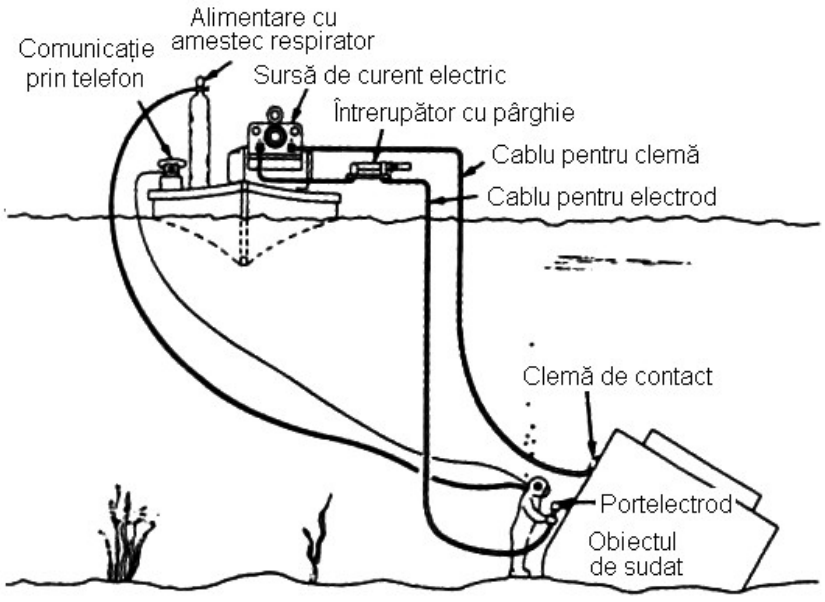


Fig. 6.4. Elementele principale ale echipamentului pentru sudarea subacvatică în mediu umed.

6.1.2.1. Sursă de curent electric

În orice activitate de sudare subacvatică în mediu umed se utilizează numai surse de curent continuu de maximum 500 A. Arcul arde mai stabil la folosirea curentului continuu decât în cazul curentului alternativ, deoarece curentul continuu descompune apa în ioni înaintea amorsării arcului, sensul câmpului electric păstrându-se. Curentul alternativ descompune apa şi crează bule de gaze sub acţiunea temperaturii ridicate în momentul scurtcircuitării electrodului de piesă, iar arderea este mai puţin stabilă. Sursele de sudare au tensiuni de mers în gol ridicate, de 60...100 V pentru a putea amorsa uşor arcul electric şi pentru evitarea întreruperilor.

Sursele de curent continuu pot fi generatoare de sudare antrenate de motoare electrice sau de motoare cu ardere internă, formând grupuri de sudare sau pot fi redresoare care nu au organe în mişcare (statice). Generatoarele antrenate de motoare electrice formează convertizoare care, în prezent, se execută în construcţie compactă, adică rotoarele motorului electric şi generatorului sunt montate pe un arbore comun cu o carcasă comună, formând blocuri de sudare. Acestea se numesc şi agregate de sudare şi pot fi acţionate electric (convertizor) sau termic (grup electrogen).

Sursele de curent electric pentru sudarea subacvatică în mediu umed trebuie să îndeplinească anumite condiţii cum ar fi:

- tensiunea de mers în gol trebuie să fie suficient de mare pentru a permite amorsarea arcului şi pentru asigurarea stabilităţii arcului fără a depăşi valorile admise de N.T.S.M.;
- caracteristica externă a surselor să fie cât mai coborâtă pentru asigurarea topirii uniforme a electrozilor;
- curentul de scurtcircuit nu trebuie să depăşească mai mult de 40...50% din intensitatea curentului de sudare I_s;
- trebuie să permită scurtcircuitarea de lungă durată a cablurilor de sudare;
- să fie dotate cu dispozitive de reglare a intensităţii curentului între limite cât mai largi;
- să fie protejate împotriva condiţiilor specifice mediului marin;
- să respecte condiţiile de electrosecuritate impuse generatoarelor de curent continuu folosite la sudarea cu arc electric.

Firma U.M.E.B. S.A. din Bucureşti produce un tip de convertizor (CS-CSN) (fig. 6.5) cu curent nominal de sudare de 125...500 A, putându-se utiliza electrozi înveliţi cu diametrul de 1...8 mm, precum şi un tip de grup electrogen (GST) cu curent nominal de sudare de 315…500 A, utilizându-se electrozi înveliţi cu diametrul de 2… 8 mm.

În cazul sudării cu o durată activă prelungită cu curenţi mari, nu este recomandată utilizarea convertizoarelor la puterea maximă. De aceea, se poate recurge la legarea în paralel a două grupuri (fig. 6.6).

Redresoarele sunt aparate care au început să fie recent folosite în tehnica sudării. Acestea transformă puterea electrică de curent alternativ în putere de curent

continuu. Redresoarele pentru sudare se construiesc brusc coborâtoare sau rigide precum şi universale cu ambele caracteristici şi sunt aceleaşi cu cele utilizate pentru tăierea sub apă, un exemplu fiind cel din figura 5.21.

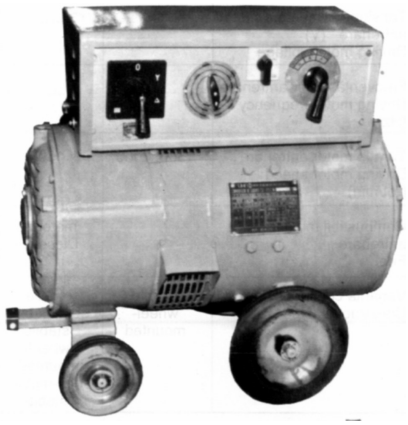


Fig. 6.5. Convertizor de sudare.

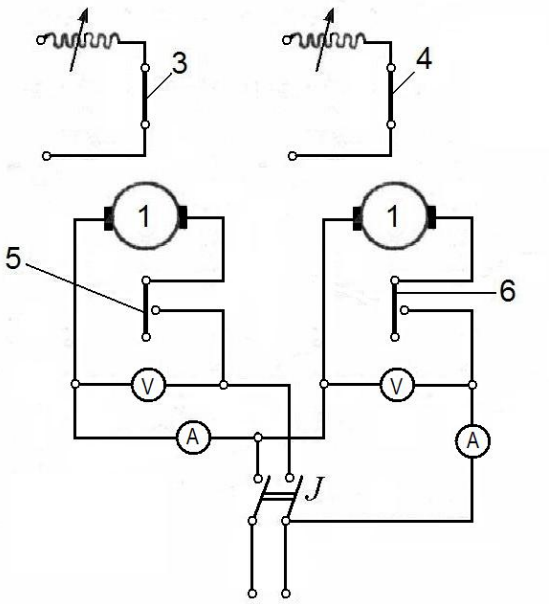


Fig. 6.6. Schema legării în paralel a două convertizoare CS: 1 şi 2– generatoare CS; 3 şi 4– excitaţiile separate ale motoarelor; 5 şi 6– excitaţiile serie antagoniste.

6.1.2.2. Cabluri electrice

Pentru conducerea curentului electric la portelectrod şi la clemele de contact ale piesei de lucru, ca şi pentru tăierea oxi-arc, se folosesc cabluri flexibile de sudare din CuE, de construcţie multifilară din sârme foarte subţiri de 0,2 mm diametru, acoperite cu o înfăşurare din fire de bumbac şi izolaţie de cauciuc, peste care se aplică o pânză cauciucată şi o îmbrăcăminte cu manta din cauciuc (fig. 5.23).

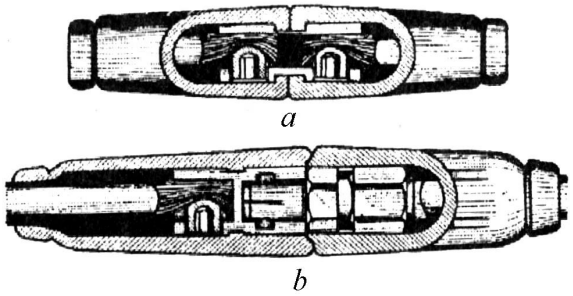


Fig. 6.7. Racorduri pentru cabluri de sudare: *a* – racord fix; *b* – racord demontabil.

Cablurile se livrează în colaci de 50…100 m, sau multiplu de 50 m, având secțiunea nominală de 16…150 mm^2. Legăturile dintre cabluri se execută cu racorduri fixe sau demontabile speciale cu ajutorul cărora se obțin contacte bune, complet izolate. În figura 6.7 se prezintă două racorduri pentru prelungirea cablurilor, unul fix şi altul demontabil. Cuplarea racordului demontabil se face prin rotire în jurul axei, contactul racordului asigurându-se cu o canelură şi un con de strângere. Pentru legarea la portelectrod şi la clema de contact la piesă, cablurile se cositoresc. Contactele acestora se realizează cu şuruburi de presiune.

6.1.2.3. Electrozi

Electrozii înveliți destinați sudării subacvatice au vergeaua metalică din oțel cu conținut redus de carbon (0,1%). Diametrul electrozilor utilizați este de 4...6 mm, lungimea de 350...450 mm, iar grosimea învelişului este de 0,2...0,25 mm.

Pentru prinderea în cleştele portelectrod, electrozii sunt dezveliți la un capăt pe o lungime de 25 mm, iar la capătul opus, în vederea unei amorsări rapide a arcului, electrozii sunt polizați conic.

Învelişul electrozilor poate fi acid, celulozic, titanic, bazic sau semibazic. Învelişul trebuie să fie compact, omogen, uniform, aderent pe vergea şi rezistent pentru a asigura menținerea uniformă şi constantă a arcului electric. Arcul electric trebuie să se amorseze uşor şi să se mențină stabil pentru intensitatea curentului prevăzută. Învelişul electrodului conține elemente ca: minereu de fier, oxid de titan, feldşpat, feroaliaje, pulbere de fier, amidon, mică, marmură, făină de lemn, cuarț, cretă, clorat de potasiu, minereu de zirconiu, silicat de sodiu. Învelişul se realizează prin amestecarea acestor materiale şi presarea lor pe vergea, urmată de o calcinare la 250...300^{0}C.

Un factor important de care trebuie să se țină seama în elaborarea electrozilor înveliți destinați sudării umede este fragilizarea produsă de hidrogen. În acest sens, sunt utilizați electrozi cu pulbere de fier în înveliş (feritici) şi electrozi înalt aliați austenitici. Cercetările efectuate, au arătat că electrozii feritici pot fi utilizați pentru sudarea subacvatică umedă la adâncimi mari de 100...150 m. De asemenea, s-a scos în evidență faptul că electrozii înveliți feritici pot fi uşor folosiți cu ajutorul surselor de putere tiristorizate, în timp ce cei austenitici pot fi uşor utilizați cu ajutorul surselor cu arc stabilizat.

Fierul are un efect favorabil asupra compoziţiei chimice a cusăturii crescând coeficientul de trecere a elementelor de aliere din înveliş.

Electrodul cu pulbere de fier în înveliş prezintă şi avantaje de ordin tehnologic cum ar fi creşterea coeficientului şi a randamentului de depunere, scăderea numărului de treceri şi îmbunătăţirea stabilităţii arcului.

Aceste avantaje se amplifică în cazul sudării umede (în contact direct cu apa) unde scăderea numărului de treceri sau creşterea randamentului de depunere reduc foarte mult durata scufundării efectuate de scafandrul sudor.

Electrozii cu înveliş acid sunt destinaţi în special sudării în poziţie orizontală şi orizontală în jgheab a oţelurilor carbon cu conţinut până la maximum 0,2...0,25%C.

Electrozii cu înveliş celulozic sunt corespunzători în special efectuării sudărilor de poziţie (vertical-coborâtoare şi în cornişă), iar cei cu înveliş titanic sunt destinaţi sudării oţelurilor cu conţinut redus de carbon (< 0,25%C) şi a oţelurilor slab aliat cu Mn.

Electrozii cu înveliş bazic pot fi utilizaţi pentru sudura în toate poziţiile şi sunt recomandaţi la sudura oţelurilor slab aliate de rezistenţă mare şi oţelurilor cu conţinut mărit de carbon (< 0,45%C). În general, electrozii cu înveliş bazic sunt recomandaţi pentru executarea sudurilor la structuri subacvatice sudate, greu solicitate.

Electrozii acizi, rutilici şi oxidanţi permit obţinerea unor depuneri corespunzătoare ca aspect, electrozii celulozici dau depuneri foarte bombate şi îmbinări cu şanţuri marginale, iar electrozii bazici au un înveliş casant care nu permite sudarea prin metoda sprijinirii electrodului, în metalul depus apărând sufluri.

Pentru a proteja electrozii înveliţi de acţiunea dăunătoare a apei, pe suprafaţa învelişului se aplică, prin impregnare sau imersare, o peliculă hidroizolantă. Substanţele utilizate, ca şi în cazul electrozilor pentru tăiere oxi-arc, sunt: parafină, celuloid dizolvat în acetonă, bitum, lac de cauciuc, diverse vopsele, lacuri pe bază de nitroceluloză, lacuri cu glicerină, policlorură de vinil şi răşini.

Caracteristicile mecanice, compoziţia chimică şi caracteristicile sudurii pentru fiecare marcă de electrozi, sunt stabilite de către firma producătoare şi sunt prescrise în fişa tehnică a electrodului respectiv şi pe eticheta fiecărui pachet de electrozi (fig. 6.8).

Fig. 6.8. Electrozi pentru sudare subacvatică electrică

În ţara noastră, au fost realizate câteva tipuri de electrozi înveliţi şi cu strat hidroizolant destinaţi lucrărilor de sudură subacvatică umedă. Institutul de Sudură şi Încercări de Materiale (I.S.I.M.) din Timişoara a realizat trei tipuri de electrozi cu înveliş rutil-titatic, hidroizolaţi, având mărcile SA-1, SA-2 tip feritic şi SA-3 tip

austenitic. De asemenea, S.C. DUCTIL S.A. din Buzău a elaborat electrodul rutil-bazic pentru sudare sub apă AS-1, destinat lucrărilor de reparații.

6.1.2.4. Portelectrozi

Portelectrodul serveşte la prinderea electrodului învelit şi conducerea acestuia în timpul sudării de-a lungul rostului de sudat. Lucrările efectuate de către scafandrii sudori la structurile imerse se efectuează numai prin utilizarea unor portelectrozi speciali. Cel mai utilizat tip este portelectrodul arătat în figura 6.9, dar în ultimul timp sunt tot mai des folosiți portelectrozii combinați, folosiți atât pentru sudură cât şi pentru tăiere (oxi-arc sau electrică), prin utilizarea unei mandrine interschimbabile (fig. 6.10).

Fig. 6.9. Portelectrod pentru sudare subacvatică electrică.

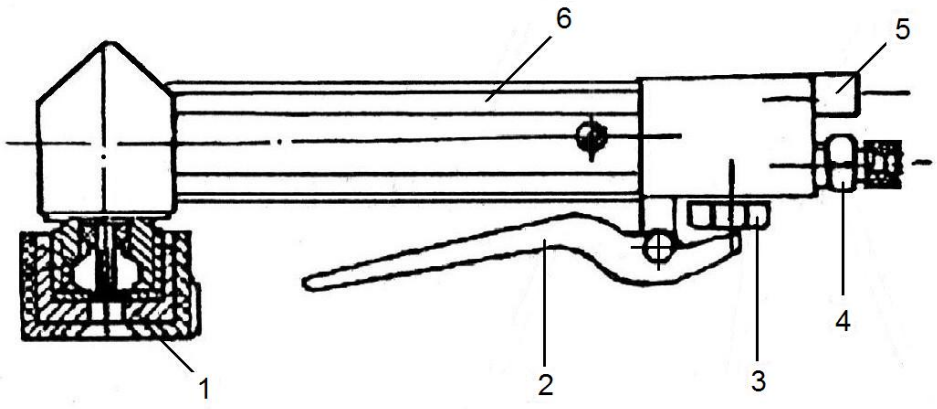


Fig. 6.10. Schema portelectrodului pentru sudare şi tăiere sub apă:
1– capul electrodului cu mandrină interschimbabilă; 2– manetă; 3– ventil oxigen tăiere; 4– racord oxigen; 5– racord electric; 6– mâner izolator.

Portelectrozii pentru sudare şi cei combinați, trebuie să îndeplinească anumite condiții cum ar fi:

- să prezinte etanşări cât mai bune ale subansamblelor aflate sub tensiune, pentru asigurarea unor condiții de securitate corespunzătoare şi pentru evitarea distrugerilor prin electroliză a părților metalice componente;
- să permită o bună manevrabilitate în condițiile lucrului sub apă;
- să permită fixarea lejeră şi sigură a electrodului, precum şi un contact electric corespunzător între acesta şi piesele care conduc curentul electric;
- să asigure o legătură electrică corespunzătoare cu circuitul de sudare/tăiere;
- să fie prevăzut cu sistem de protecție împotriva returului flăcării (dispozitiv antideflagrant);

– la sudare, în lipsa presiunii oxigenului, să fie prevăzut cu o supapă specială pentru împiedicarea pătrunderii apei în ventil.

6.1.2.5. Accesorii

La echipamentul de bază menţionat, sunt necesare o serie de accesorii şi de scule, astfel ca procesul de sudare subacvatică umedă să decurgă în cele mai bune condiţii. Acestea sunt:

– *clema de contact* care serveşte la conducerea curentului electric de la sursa de curent la piesa de lucru sub apă; aceasta trebuie să asigure un contact bun cu piesa de care se prinde şi este aceeaşi clemă ca cea utilizată la tăierea subacvatică oxi-arc; în figura 5.24, este prezentată o clemă de contact pentru prinderea de piese până la 50 mm grosime şi pentru curenţi de până la 600 A;

– *întrerupătorul cu pârghie* care este de acelaşi tip cu cel întrebuinţat la tăierea subacvatică oxi-arc şi care trebuie să permită cuplarea şi decuplarea rapidă a sursei electrice, la cererea scafandrului sudor;

– *peria de sârmă din oţel* utilizată pentru curăţarea suprafeţei de rugină sau de depuneri marine, care poate fi manuală sau acţionată mecanic (pneumatic sau hidraulic) (v. Cap. 2);

– *filtrul din sticlă colorată* utilizat pentru protecţia ochilor; se recomandă utilizarea filtrelor speciale care se fixează în şuruburile geamului măştii faciale sau căştii rigide (fig. 5.26).

6.1.3. EFECTUAREA SUDĂRII SUBACVATICE ÎN MEDIU UMED (ÎN APĂ)

Operaţiunile de pregătire, premergătoare efectuării sudării subacvatice umede nu sunt uşoare. O deosebită importanţă trebuie acordată curăţirii suprafeţei pieselor care trebuie sudate. Pentru ca sudura să aibă o calitate satisfăcătoare, nu trebuie executată pe suprafeţe acoperite cu vopsea, rugină sau depuneri marine. Acestea trebuie, în prealabil, curăţate de către scafandri, utilizând diverse unelte speciale acţionate pneumatic sau hidraulic cum ar fi peria de sârmă rotativă, unealtă prevăzută cu vergele din oţel, sau lance de apă de înaltă presiune (fig. 6.11). De asemenea, marginile tablelor sau ale capetelor de ţeavă, se vor prelucra corespunzător la suprafaţă (curăţare, şanfrenare), înainte de a fi sudate sub apă.

Operaţia de sudare începe prin reglarea sursei de curent pentru furnizarea amperajului corespunzător, în funcţie de adâncimea apei, de tipul electrodului utilizat şi de natura lucrării. Acest curent este, de obicei, cu aproximativ 30% mai mare decât pentru lucrările de sudură executate la suprafaţă. Scafandrul sudor introduce capătul fără înveliş al electrodului în portelectrod fixându-l cu atenţie, pentru a se asigura un contact bun între vergeaua electrodului şi portelectrod. Prin filtrul de protecţie, scafandrul sudor observă amorsarea arcului şi menţinerea corectă a lungimii acestuia. Scafandrul sudor fixează capătul electrodului de piesă, cerând închiderea circuitului electric. Amorsarea are loc prin lovirea uşoară a capătului electrodului de piesă, în locul de începere a sudurii, sau prin frecare. După ce s-au format primele scântei, se exercită o uşoară presiune pe piesă pentru a permite electrodului să înceapă să se

consume. După formarea arcului, se înclină electrodul la $20^0 \ldots 30^0$ față de verticală şi i se imprimă o mişcare de înaintare pe linia sudurii (fig. 6.12). Spre deosebire de sudura la suprafață, la sudura subacvatică umedă nu este necesară imprimarea unei mişcări de pendulare (oscilații transversale) electrodului, fiind suficientă menținerea electrodului în contact cu piesa. După ce rândul de sudură a fost executat (aproximativ 200 mm de metal sudat este depozitat pentru fiecare 250 mm de electrod consumat), întreruperea arcului se execută printr-o mişcare de alunecare. Mişcarea se execută fie spre sudura efectuată, fie dinspre sudură, sau se execută o întoarcere a electrodului în jurul capătului sudurii, după care arcul este tras spre sudura efectuată. În nici un caz întreruperea arcului nu se face prin îndepărtarea bruscă a electrodului, deoarece aceasta provoacă cratere în sudură, ceea ce constituie un defect major în special la sudarea cu electrozi cu înveliş bazic.

Fig. 6.11. Curățare utilizând lance de apă.

Fig. 6.12. Sudarea în poziție orizontală.

Când electrodul s-a consumat, scafandrul sudor cere deschiderea circuitului electric şi fixează un nou electrod. Scafandrul sudor nu trebuie să înceapă înlocuirea electrodului consumat, decât după ce primeşte confirmarea echipei tehnice de la suprafață că circuitul este deschis.

Se recomandă ca scafandrul sudor să aibă sensul de înaintare al sudurii către el şi nu dinspre el, pentru îndepărtarea din câmpul său vizual a bulelor de gaz rezultate.

La sudarea în poziție orizontală a piesei, cu cât electrodul are un unghi de înclinare mai mic în sensul de înaintare, cu atât pătrunderea în metalul de bază este şi ea mai mică.

În acelaşi mod, se poate executa şi sudura în poziție verticală (fig. 6.13) sau înclinată în plan vertical. În această poziție, se recomandă ca sensul de înaintare al sudurii să fie coborâtor, pentru ca bulele de gaz generate să nu deranjeze vizibilitatea scafandrului sudor.

Electrodul se poziționează înclinat la 60^0 față de verticală în sensul coborâtor de înaintare, iar după formarea arcului se menține înclinat la 40^0.

La sudarea pe plafon (peste cap) (fig. 6.14), poziția electrodului se va menține simetrică în plan vertical şi cu înclinarea de 70^0 în sensul de înaintare al sudurii.

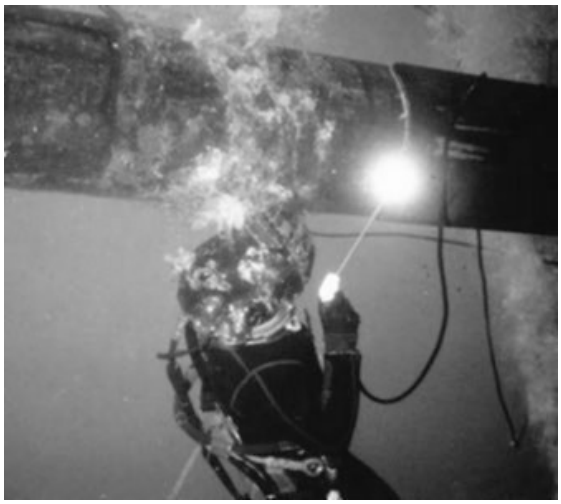


Fig. 6.13. Sudarea în poziție verticală. **Fig. 6.14.** Sudarea în poziție peste cap.

Sudarea fisurilor şi a crăpăturilor se execută respectându-se următoarele etape:

- se localizează capetele fisurii;
- se execută, la capetele fisurii, două găuri prin burghiere sau prin procedeul oxi-arc pentru prevenirea propagării fisurii;
- se pregăteşte la suprafață o piesă metalică de dimensiune şi formă corespunzătoare pentru a se acoperi zona fisurii;
- se fixează piesa pe fisură şi se sudează pe toate laturile aplicându-se rândurile de sudură.

Nu se recomandă umplerea cu sudură directă a fisurii, deoarece aceasta se poate fisura din nou chiar prin cordonul de sudură realizat.

Avantajele sudurii subacvatice umede sunt:

- flexibilitate mare în aplicații, scafandrul sudor putând interveni la porțiuni ale unei structuri imerse care nu pot fi sudate prin nici o altă metodă cunoscută;
- cost redus, echipamentul utilizat fiind asemănător celui folosit la suprafață, dar adaptat lucrului sub apă;
- mobilitate ridicată a scafandrului sudor;
- timp scurt pentru executarea lucrărilor;
- libertate mai mare în alegerea metodologiei de reparat şi o dispunere mai comodă a secțiunilor structurii imerse.

Dintre dezavantajele sudurii subacvatice umede pot fi menționate:

- calitate mai scăzută a îmbinărilor realizate, ale căror caracteristici mecanice sunt 60...80% față de cele obținute la suprafață;
- răcire mare a băii metalice (de 10...15 ori mai mare decât în aer), ceea ce duce la o porozitate accentuată a sudurii;
- crater mai profund decât la sudarea în aer, ce facilitează arderea stabilă a arcului electric în mediul subacvatic, fiind uneori cauza dificultăților de reamorsare;
- oxidarea puternică a elementelor de aliere (Mn, Si) care duce la apariția incluziunilor, numărul şi mărimea acestora, precum şi compoziția lor chimică influențând tenacitatea şi plasticitatea cusăturii.

Normele de protecţia muncii specifice lucrărilor de sudare/tăiere subacvatică sunt prezentate în Anexa 6.1. Acestea sunt extrase din "Normele privind organizarea şi desfăşurarea activităţilor de scufundare" elaborate de Centrul de Scafandri Constanţa din cadrul Forţelor Navale Române.

Procedeele de control folosite pentru detectarea defectelor care ar putea apărea în coordoanele de sudură sunt, în principal, cele de control nedistructiv cum ar fi controlul vizual, controlul nedistructiv cu pulberi magnetice, cu ultrasunete, cu utilizare de curenţi turbionari, cu lichide penetrante, cu raze X şi cu raze gamma.

6.2. SUDAREA ÎN MEDIU USCAT

În urma cercetărilor efectuate, s-a constatat că sudarea subacvatică în mediu umed este inadecvată acolo unde se cere o înaltă calitate a sudurii, cum ar fi cazul sudării conductelor submerse de înaltă presiune aflate la adâncime mare, datorită fragilităţii, sudurii porozităţii şi a celorlalte caracteristici impuse de sudura însăşi. Pentru a se evita aceste defecte, sudura se efectuează în atmosferă uscată, fără apă, la presiune egală cu presiunea mediului acvatic exterior la adâncimea de lucru, sau cu presiunea atmosferică.

Se pot enumera următoarele procedee de sudare în atmosferă uscată:

- sudarea în mediu uscat, în condiţii hiperbare;
- sudarea în mediu uscat, în condiţii hiperbare, în minihabitat;
- sudarea în mediu uscat, efectuată la presiune atmosferică;
- sudarea cu uscare locală.

6.2.1. SUDAREA ÎN MEDIU USCAT, ÎN CONDIŢII HIPERBARE

Dezvoltarea sudării în mediu uscat hiperbar a fost posibilă în special datorită progreselor realizate de scufundarea de sistem unitară şi în saturaţie la mare adâncime. Una dintre principalele probleme care trebuia rezolvată, a fost stabilirea unor decompresii pentru scafandrii sudori datorită perioadelor îndelungate de timp necesare efectuării operaţiei de sudare.

Ideea utilizării unor gaze pentru protejarea metalului topit cu arc electric aparţine lui Roberts şi Van Nuys, care în anul 1919 propun încercarea gazelor inerte (heliu, argon, azot).

Pionierii sudării în mediu uscat, în condiţii hiperbare, au fost firmele americane Ocean Systems, Reading and Bates, Taylor Diving and Salvage Co., Ray McDermott, Sub Sea Int. şi firma franceză COMEX.

Prima sudare în mediu uscat, în condiţii hiperbare, a fost realizată în anul 1965, la o magistrală de conducte submerse în Golful Mexic, la adâncimea de 24 m.

Firma Taylor Diving and Salvage Co. a efectuat apoi, lucrări de sudare în mediu uscat la adâncimea de 167 m şi lucrări simulate la adâncimea de 366 m, în laboratorul propriu.

În prezent, metoda de sudare în mediu uscat, în condiţii hiperbare, este larg utilizată pentru îmbinarea porţiunilor orizontale ale conductelor submerse, pentru efectuarea de branşamente sau pentru montarea de vane pe acestea, precum şi pentru

îmbinarea riser-ului (coloanei montante) platformei de foraj marin cu o conductă submersă.

Grosimea pereților conductelor magistrale poate fi de 6...25 mm, iar diametrul exterior de 500...900 mm. În condiții simulate, au fost efectuate suduri în mediu uscat hiperbar la adâncimi de până la 600 m.

Cele mai utilizate procedee de sudare în mediu uscat, în condiții hiperbare, sunt sudurile Wolfram-Inert-Gas/Tungsten-Inert-Gas (WIG/TIG) şi Metal-Inert-Gas (MIG).

În general, la lucrările de sudare "cap-la-cap" ale conductelor magistrale submerse cât şi pentru alte lucrări de sudare în mediu uscat, în condiții hiperbare, se utilizează procedeele WIG sau TIG pentru sudarea rădăcinii şi a stratului de normalizare, urmând ca sudarea de umplere şi ultimul strat să se realizeze prin procedeul MIG cu sârme pline sau cu electrozi înveliți având un conținut scăzut de hidrogen în înveliş. Folosirea electrozilor înveliți prezintă avantajul unui timp mai redus de execuție.

Numărul de treceri necesare efectuării unei suduri în mediu uscat în condiții hiperbare depinde de grosimea pereților conductei.

Timpul necesar efectuării unei suduri hiperbare uscate, este în medie de 9 ore pentru un diametru de conductă de 800 mm. Aproximativ acelaşi timp este necesar pentru operațiunile de pregătire ale conductei de sudat (curățare, tăiere, şanfrenare).

Sudările WIG/TIG şi MIG pot fi executate numai în curent continuu.

Sursele de curent folosite la sudare nu mai sunt cu caracteristici căzătoare ca la sudarea cu electrozi înveliți, ci cu caracteristici rigide sau uşor urcătoare, în care caz menținerea arcului în mediul de gaz protector este stabilă. În figura 6.15 se prezintă un generator de sudură WIG/TIG.

Fig. 6.15. Generator pentru sudură WIG/TIG.

6.2.1.1. Sudarea WIG/TIG în condiții hiperbare

Procedeele de sudare WIG (Wolfram-Inert-Gas) şi TIG (Tungsten-Inert-Gas) sunt procedee la care arcul electric se menține cu un electrod nefuzibil de wolfram sau tungsten între piesa de sudat şi o sârmă fuzibilă ce se introduce în zona arcului.

Procedeul de sudare în atmosferă de gaz inert utilizând un singur electrod nefuzibil de wolfram a fost brevetat în anul 1926 de Hobart şi Devers. Datorită

costului ridicat al heliului, acest procedeu nu s-a răspândit imediat ci de-abia în anul 1942 de către firma Northrap Aircraft Co. pentru sudarea scaunelor de avioane.

Procedeul de sudare WIG a constituit primul procedeu care a fost transferat de la condițiile de lucru de la suprafață (în presiune atmosferică), la cele în mediu uscat în condiții hiperbare.

Pentru sudarea "cap-la-cap" a stratului de rădăcină, sudarea WIG/TIG hiperbară se aplică în condiții ireproşabile, în special pentru sudarea conductelor aflate la mare adâncime, însă necesită un timp îndelungat de realizare.

Sudarea WIG/TIG în condiții hiperbare se realizează în special în atmosferă de heliu, însă electrodul de wolfram sau tungsten se consumă mult mai rapid în heliu decât în argon. Vaporii emanați de electrodul de wolfram reduc conductibilitatea arcului electric care se inițiază mai greu în heliu decât în argon.

De asemenea, la sudarea WIG în condiții hiperbare, în atmosferă de heliu, gazele arse au o tendință de creştere o dată cu creşterea intensității curentului şi a presiunii ambiante.

Sudabilitatea la sudarea uscată WIG/TIG în condiții hiperbare poate fi arătată prin următorii factori:

- când presiunea ambiantă creşte, aprinderea arcului electric devine din ce în ce mai dificilă, apoi arcul electric este mai stabil, iar tensiunea în arc creşte;
- prezența umidității în zona topită conduce la apariția porilor;
- profilul vârfului electrodului influențează asupra lățimii şi pătrunderii cordonului;
- nu se semnalează apariția de probleme serioase asupra zonei influențate termic şi nici asupra proprietăților mecanice ale sudurii.

6.2.1.2. Sudarea MIG în condiții hiperbare

Procedeul de sudare MIG (Metal-Inert-Gas) este procedeul la care arcul electric se fomează între piesa de sudat şi o sârmă fuzibilă, derulată dintr-o bobină, care înaintează permanent în arcul electric, prin portelectrod.

Sudarea MIG este un procedeu continuu, de aceea timpul de sudare este mai mare, iar randamentul ceva mai ridicat decât al procedeelor WIG sau TIG. Utilizarea procedeului MIG la adâncimi mici nu este rentabil deoarece, în aceste condiții, arcul electric devine constrâns, procesul devine instabil şi cantitățile excesive de fum ce se degajă conduc la realizarea unor suduri necorespunzătoare. La adâncimi mai mari (peste 70 m) arcul electric este mult mai stabil, iar sudarea devine mai uşoară.

Acest procedeu de sudare uscată, în mediu hiperbar, permite menținerea în straturile de umplere şi în ultimul strat, al unui conținut scăzut de hidrogen difuzibil (<10 ml hidrogen/100 g metal depus). În funcție de compoziția chimică şi de grosimea pieselor de sudat, se poate chiar reduce sau elimina operația de preîncălzire, ceea ce contribuie substanțial la ameliorarea condițiilor de lucru ale scafandrilor sudori.

Procedeul MIG se realizează cu obținerea unor îmbinări sudate de bună calitate, în atmosferă de gaz inert (heliu sau argon), cu sau fără adaos de oxigen.

Sudabilitatea procedeului MIG poate fi arătată prin factori cum ar fi:

– creşterea presiunii ambiante conduce la îngustarea arcului electric şi la creşterea temperaturii mediului de sudare; la adâncimi foarte mari, de peste 500 m, arcul electric devine foarte instabil;
– în zona topită, o dată cu creşterea presiunii ambiante, scade lăţimea acesteia şi creşte pătrunderea;
– nu se semnalează apariţia problemelor serioase asupra zonei influenţate termic sau asupra proprietăţilor mecanice ale sudurii.

Un procedeu conex îl reprezintă sudarea MIG cu impulsuri. Acest procedeu, în prezent bine pus la punct, cunoscut sub denumirea de "Hydroweld" este utilizat cu succes la construcţia şi repararea unor diverse structuri subacvatice. Sudarea în impulsuri (cu arc pulsat) lărgeşte considerabil posibilităţile tehnologice ale sudurii MIG, realizându-se practic prin suprapunerea a doi curenţi de sudare de valori diferite: un curent de bază, permanent, având o valoare redusă şi curentul de impuls, de valoare ridicată aplicat cu o anumită frecvenţă reglabilă peste curentul de bază. Folosirea arcului pulsat conduce la posibilitatea concentrării precise în timp a acţiunii căldurii şi puterii asupra piesei şi a sârmei-electrod, cu scopul reglării parametrilor tehnologici de sudare. Înălţimea şi lăţimea impulsului determină cantitatea de căldură produsă de arcul electric. Cu cât diametrul sârmei-electrod este mai mare, cu atât sunt necesare impulsuri mai late şi mai înalte. Alegerea frecvenţei curentului de impuls se face în funcţie de grosimea pieselor de sudat: componentele cu diametru mic se sudează la frecvenţe joase, iar piesele groase la frecvenţe mari.

Sunt utilizate echipamente de sudare simple cu cost scăzut, surse de curent continuu, cu posibilitatea de pulsare a curentului electric.

Cu acest procedeu se pot obţine îmbinări sudate comparabile cu cele realizate la suprafaţă. Gazul de protecţie utilizat cu precădere la sudarea MIG cu impulsuri este argonox cu 1...2% oxigen.

6.2.1.3. Sudarea cu electrozi înveliţi, în condiţii hiperbare

Existenţa unor electrozi adecvaţi sudării subacvatice în mediu umed, a permis extinderea sudării manuale cu electrozi înveliţi, în mediu uscat, în condiţii hiperbare şi, în special, pentru efectuarea trecerilor de umplere şi a ultimului strat de sudură. Pentru a se elimina cât mai mult riscurile fisurării la rece, o caracteristică principală a acestor electrozi este prezenţa în înveliş a unei cantităţi scăzute de hidrogen. Cercetările efectuate au arătat că, o dată cu creşterea presiunii ambiante de lucru, are loc şi creşterea conţinutului de hidrogen difuzibil din cordonul de sudură (fig. 6.16).

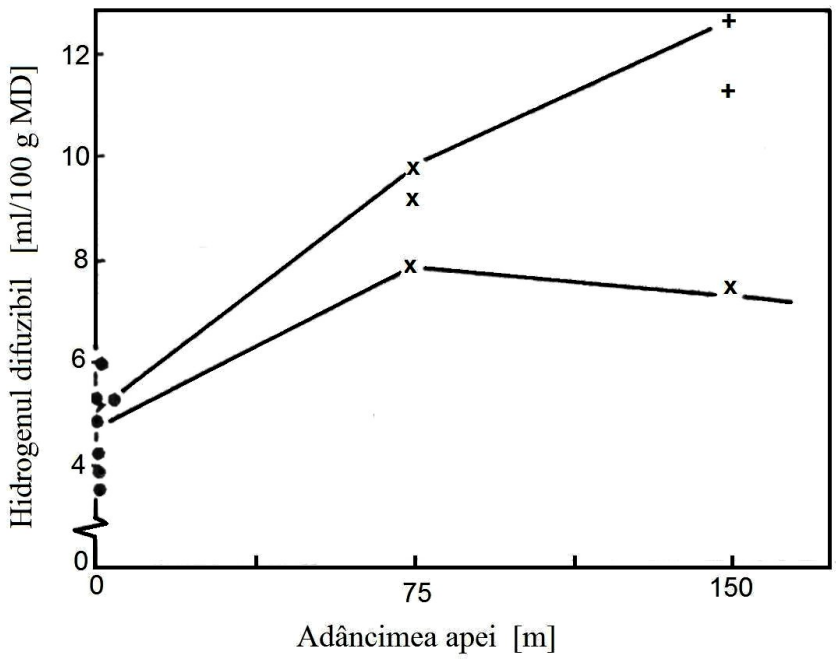


Fig. 6.16. Graficele de variație a hidrogenului difuzibil din cordon funcție de adâncimea apei pentru sudarea cu electrozi înveliți, în diferite medii hiperbare: **x** heliox; **+** argon; ● aer.

Cauza principală a acestei creşteri a conținutului de hidrogen este atribuită efectelor exercitate de presiunea ambiantă asupra arcului electric. În cazul sudării în mediu uscat, în condiții hiperbare, cu electrozi înveliți, a conductelor cu grosimea pereților mare şi conținut relativ ridicat de carbon, cunoaşterea creşterii conținutului de hidrogen difuzibil este foarte importantă, acesta putând fi de două ori mai ridicat începând cu adâncimea de 60 m.

În practică, apariția fisurării la rece datorită unei cantități prea mari de hidrogen difuzibil (>10 ml/100 g metal depus), se poate evita fie prin mărirea aportului de căldură, fie crescând temperatura de preîncălzire.

O altă caracteristică importantă de care trebuie să se țină cont la utilizarea electrozilor înveliți, se referă la absorbția de umiditate a acestora.

Cercetările efectuate au concluzionat că atât la presiunea atmosferică cât şi în condiții hiperbare, absorbția de umiditate nu depinde de presiunea mediului de lucru. Pentru electrozii cu înveliş bazic, se recomandă următorii timpi de expunere în atmosferă hiperbară uscată, combinată cu păstrarea într-un container special aşa cum este cel prezentat în figura 6.17:

- 30 secunde pentru umiditate relativă de 95%;
- 3 minute pentru umiditate relativă de 70%;
- 15 minute pentru umiditate relativă de 50%.

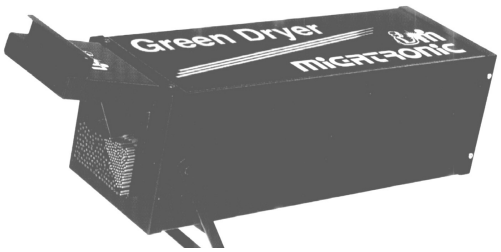


Fig. 6.17. Container pentru păstrarea electrozilor de sudură.

Sudabilitatea la sudura manuală în mediu uscat, în condiţii hiperbare, cu electrozi înveliţi, poate avea următoarele caracteristici:

- creşterea presiunii ambiante de lucru conduce la degajarea unei mari cantităţi de fum;
- electrozii cu înveliş bazic asigură un aspect plăcut cordoanelor depuse;
- electrozii cu înveliş rutilic produc pori în metalul depus;
- pătrunderea creşte o dată cu creşterea presiunii ambiante;
- creşterea presiunii ambiante de lucru conduce la modificarea compoziţiei chimice (creşterea conţinutului de carbon şi hidrogen şi scăderea conţinutului de siliciu şi mangan);
- viteza de răcire creşte o dată cu adâncimea de lucru;
- proprietăţile mecanice ale sudurilor sunt egale sau slab inferioare celor efectuate la suprafaţă.

6.2.1.4. Sârme electrod şi gaze de protecţie

Electrozii de sudură folosiţi la procedeul WIG sunt din wolfram, wolfram toriat sau aliaje de wolfram, iar electrozii folosiţi la procedeul TIG sunt pe bază de tungsten.

Wolframul şi tungstenul sunt metale greu fuzibile, la temperatura de topire de 3400^0C. Electrozii de wolfram sau tungsten, se fabrică sub formă de vergele cu diametrul de 1…8 mm şi lungimea de 175 mm, cu vârful ascuţit (fig. 6.18).

Se pot obţine rezultate mai bune cu electrozi din wolfram-toriu sau wolfram-zirconiu, deoarece aceste aliaje sunt mai greu fuzibile şi permit densităţi mai mari de curent. Electrozii trebuie să aibă culoarea argintie şi să fie fără asperităţi. Portelectrodul pentru sudare WIG/TIG este de construcţie specială pentru a permite fixarea electrodului de wolfram sau tungsten (fig. 6.19).

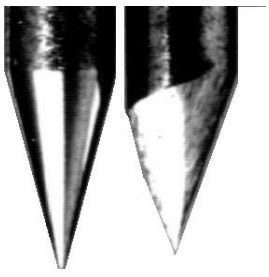


Fig. 6.18. Electrozi de wolfram.

Fig. 6.19. Portelectrod pentru sudarea WIG/TIG.

Sârmele-electrod utilizate pot fi pline sau tubulare.

Sârmele-electrod pline pentru sudarea WIG/TIG şi MIG se produc la diametre de 0,8 mm, 1 mm, 1,2 mm, 1,6 mm şi 2,4 mm (fig. 6.20). Suprafaţa exterioară este

cuprată pentru a se asigura o protecție anticorozivă şi o îmbunătățire a contactului electric cu piesa de contact a capului de sudare.

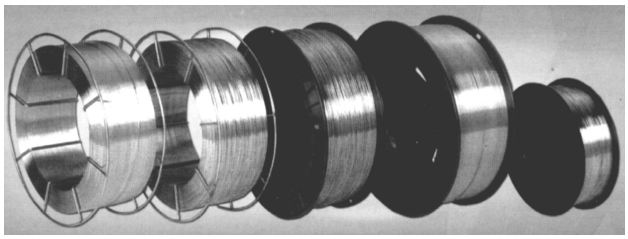


Fig. 6.20. Sârme-electrod pline pentru sudare WIG/TIG.

Compoziția chimică a sârmelor se alege în funcție de metalul de bază şi de gazul sau amestecul de gaze de protecție din atmosfera hiperbară. Compoziția chimică a sârmei pentru sudarea WIG/TIG şi MIG se alege apropiată de cea a metalului de bază.

Sârmele electrod tubulare pentru sudarea în mediu uscat, în condiții hiperbare, sunt realizate dintr-un înveliş metalic umplut cu un amestec de materiale pulverulente care constituie miezul sârmei. Învelişul metalic serveşte la transmiterea curentului electric de sudare, având rolul de a păstra miezul de pulbere şi de a-i asigura introducerea continuă, în zona îmbinării, pentru efectuarea corectă a procesului de sudare. Miezul sârmei este alcătuit dintr-un amestec de materiale similare cu cele utilizate la învelişul electrozilor: titanic, semibazic sau bazic.

Folosirea sârmei tubulare în procedeul MIG, combină avantajele alimentării continue cu material de adaos al sudurii MIG cu sârmă plină, cu cele ale unei funcționări corecte la toată gama de adâncimi de lucru. Chiar şi la adâncimi mari, nu este necesară reducerea vitezelor de avans a sârmei-electrod datorită creşterii presiunii de lucru ambiante, sau reducerea vitezei de sudare sub valorile aplicate la suprafață.

Sudarea MIG în condiții hiperbare cu sârmă tubulară permite, de asemenea, menținerea unui aport constant de căldură chiar şi la adâncimi mari.

Sârmele-electrod şi cele tubulare cu miez utilizat la sudarea în mediu uscat, în condiții hiperbare, sunt în principal aceleaşi tipuri cu cele utilizate la suprafață.

Portelectrodul sau pistoletul pentru sudarea MIG este de construcție specială pentru a permite trecerea prin interior a sârmei-electrod (fig. 6.21).

Fig. 6.21. Portelectrod pentru sudare MIG.

Sudarea în mediu uscat în condiții hiperbare are loc într-un habitat imers uscat, complet închis, unde presiunea este egală cu presiunea mediului acvatic exterior la adâncimea de lucru.

O atmosferă de aer comprimat expune scafandrul sudor la un risc ridicat de a produce un incediu şi, în acelaşi timp, aerul contaminează baia metalică cu efecte extrem de dăunătoare asupra calității sudurii. Azotul din aer conduce la nitrurare sau la creşterea porozității din sudură şi la scăderea ductibilității, fiind cu atât mai activ în timpul topirii oțelului cu cât presiunea din incinta hiperbară creşte. De asemenea, la sudarea în mediu uscat în condiții hiperbare, cu electrozi înveliți, atunci când atmosfera din incintă nu este alcătuită dintr-un gaz inert (heliu sau argon) baia de metal lichid reacționează cu acesta. Are loc o creştere a absorbției de hidrogen şi a impurităților cu consecințe grave asupra calității sudurii.

Utilizarea ca gaz de protecție împotriva riscului crescut de incendiu şi ca atmosferă în cheson a gazelor inerte pure heliu şi argon sau a amestecului heliu-oxigen (HELIOX) şi argon-oxigen (ARGONOX), asigură protecție totală atât scafandrilor sudori cât şi contra contaminărilor atmosferice. HELIOX şi ARGONOX constituie atmosfere ideale pentru sudarea hiperbară uscată, eliminând în totalitate efectele nedorite ale azotului.

Heliul este un gaz inert, monoatomic, bun conducător de căldură. Fiind mai uşor decât aerul heliul necesită un volum mare de gaz pentru asigurarea protecției uscate a incintei. Heliul tehnic este îmbuteliat în butelii de culoare argintie, iar heliul medicinal în butelii de culoare maro. Argonul se livrează, conform STAS 7956-85, în stare gazoasă şi lichidă în patru tipuri (S, A, B, C). Pentru sudura în mediu uscat, în condiții hiperbare, ca gaz de protecție, se utilizează tipurile A şi B pentru sudarea WIG/TIG şi MIG, iar tipul C în amestec cu bioxid de carbon şi oxigen, la sudarea MAG (Metal-Activ-Gas). Tipul S (special) se utilizează în alte scopuri, ca gaz etalon sau gaz purtător.

Oxigenul tehnic gazos şi lichid se livrează conform STAS 2031-77 în cinci tipuri: A, B, C, D şi E. Acesta este folosit împreună cu heliu sau argon pentru formarea amestecului de gaze în scopul creşterii temperaturii băii (HELIOX sau ARGONOX).

Amestecurile de gaze de protecție se obțin prin combinarea la locul utilizării a gazelor inerte din baterii de butelii separate sau, la furnizor, prin amestecare în proporțiile dorite şi livrate în baterii de butelii.

Gazele se livrează în butelii din oțel de 40 *l*, la presiunea de 150 bar (sc.man.).

6.2.1.5. Efectuarea sudării în mediu uscat, în condiții hiperbare

În timpul lucrărilor preliminare, premergătoare operației de sudare cât şi de executare a primului cordon de sudură, chesonul poate fi presurizat cu un amestec respirator heliu-oxigen (HELIOX) astfel că scafandrii sudori nu utilizează aparatele de respirat cu mască facială sau cu cască rigidă.

În cazul în care, pentru sudura de umplere MIG sau cu electrozi înveliți, chesonul de sudură este presurizat numai cu heliu pur, scafandrii sudori trebuie să folosească măşti faciale care sunt conectate la o rezervă de amestec gazos respirator, amestecul de gaze expirat fiind evacuat în afara chesonului de sudură. În acest scop, măştile faciale sunt prevăzute cu deversoare şi sunt asemănătoare cu măştile de palier care echipează camerele hiperbare (barocamerele).

În continuare, se prezintă primul caz şi anume cazul în care chesonul pentru sudură hiperbară în mediu uscat, este presurizat cu un amestec gazos HELIOX.

Înainte de începerea scufundării, scafandrii îşi inspectează atent echipamentul de scufundare având în vedere că o scufundare de sistem poate dura 10 zile sau chiar mai mult. Scafandrii pătrund în interiorul barocamerei de pe nava suport, iar apoi se închid porţile barocamerei şi se începe presurizarea acesteia. Pentru a preveni apariţia efectelor de toxicitate a oxigenului şi apariţia leziunilor pulmonare, concentraţia de oxigen într-un sistem de scufundare trebuie menţinută astfel încât presiunea parţială a oxigenului în amestecul gazos să fie de circa 0,3 bar (sc.abs.). Aceasta se realizează prin presurizarea iniţială a chesonului cu aer comprimat până la adâncima de 6..7 m stabilindu-se o presiune parţială a oxigenului de 0,32...0,35 bar (sc.abs.). Chesonul poate fi presurizat şi cu amestec HELIOX (80% He – 20% O_2).

În continuare, barocamera este presurizată, până la o presiune echivalentă cu adâncimea corespunzătoare nivelului de viaţă, cu heliu pur (concentraţia heliului este de 100%) pentru menţinerea presiunii parţiale a oxigenului la nivelul dorit. Presiunea parţială a oxigenului este monitorizată continuu, iar oxigenul metabolizat (consumat în cadrul proceselor metabolice) este completat în mod automat.

Imediat ce heliul este introdus în barocameră, vocile scafandrilor se alterează datorită densităţii mai mici a heliului, datorită vâscozităţii diferite a heliului faţă de cea a aerului precum şi a altor proprietăţi acustice. Acesta este efectul "Donald Duck" care se intensifică o dată cu creşterea adâncimii. Sunetul îşi pierde de asemenea, calităţile direcţionale în cheson prin modificarea celerităţii (viteza de propagare a sunetului), astfel încât este dificil de localizat sursa unei voci cu ochii închişi.

Coborârea până la nivelul de viaţă poate dura mai multe ore. În cazul în care aceasta se face rapid, scafandrii sunt supuşi sindromului nervos al înaltelor presiuni – SNIP. Presurizarea trebuie efectuată încet şi în mod gradat pentru a elimina apariţia SNIP. Viteza de presurizare poate fi spre exemplu de 18 m/minut până la adâncimea de 91 m şi de 12 m/oră (0,2 m/min) până la adâncimi cuprinse între 91 m şi 305 m. Când presiunea corespunzătoare nivelului de viaţă a fost atinsă, prima echipă de scafandri sudori se echipează şi se transferă din barocameră în turela presurizată cu acelaşi amestec şi la aceeaşi presiune corespunzătoare nivelului de viaţă.

Se închide poarta turelei şi a barocamerei şi turela se separă de barocameră fiind coborâtă în apă cu ajutorul unei macarale. În timpul coborârii turelei, scafandrii monitorizează manometrele indicatoare ale presiunii interioare şi exterioare. Când se atinge adâncimea corespunzătoare nivelului de viaţă, presiunea apei va fi egală cu presiunea din interiorul turelei, iar poarta inferioară a turelei se deschide.

Turela este stabilizată, având flotabilitate negativă, cu ajutorul lestului fixat la partea inferioară. Eventualul surplus de apă din turelă este evacuat crescând puţin presiunea în turelă. Apoi, doi dintre scafandrii sudori se echipează cu câte o mască facială şi cu câte un aparat de respirat sub apă cu alimentare prin ombilical, iar cel de-al treilea scafandru rămâne în turelă, acesta fiind şeful de turelă (bell man). Una dintre lucrările preliminare o constituie îndepărtarea stratului protector de ciment al conductei (blindajului). Deoarece blindajul conductei este neprelucrat şi neregulat, chesonul pentru sudură nu poate fi fixat corect pe conductă. De aceea, îndepărtarea blindajului se face pe o lungime mai mare decât cea a chesonului, care variază între 2,5 m şi 4,5 m (fig. 6.22).

Pentru îndepărtarea stratului de protecţie se utilizează lancea de apă. După ce stratul de ciment a fost îndepărtat, cu un cleşte acţionat manual sau mecanic

scafandrul trebuie să taie armătura din sârmă a conductei, iar bucățile de strat protector rămase se înlătură cu o daltă acționată mecanic.

Conducta este apoi curățată în interior de produs prin inundarea cu apă de mare şi folosind curățitoare sferice speciale. Se procedează apoi la tăierea conductei, utilizând procedeul oxi-arc sau mecanic cu disc abraziv. Înainte de începerea acestei operațiuni, scafandrii sudori trebuie să se asigure că prin conductă nu mai curge apă de mare, iar turela nu se află poziționată deasupra locului unde are loc tăierea pentru a nu se contamina interiorul acesteia. După tăierea tronsonului de conductă, acesta este ridicat la suprafață cu o macara.

Cele două tronsoane de conductă rămase pe poziție, trebuie aliniate cât mai bine posibil unul cu celălalt pentru a permite chesonului hiperbar de sudură să poată fi poziționat cât mai exact pentru executarea sudurii. Pentru efectuarea acestei operațiuni, se utilizează un utilaj greu, numit aliniator de conducte (fig. 6.23). Aliniatorul de conducte poate avea dimensiuni şi gabarite diferite în funcție de diametrul conductei. Pentru o conductă cu diametrul de 1200 mm, aliniatorul poate avea 55 m lungime, 11 m lățime şi 9 m înălțime. Greutatea la suprafață este de circa 400 tone, iar în imersie de circa 90 tone. Structurile tubulare ale aliniatorului permit inundarea lor şi, de asemenea, debalastarea pentru obținerea unei flotabilități pozitive sau nule.

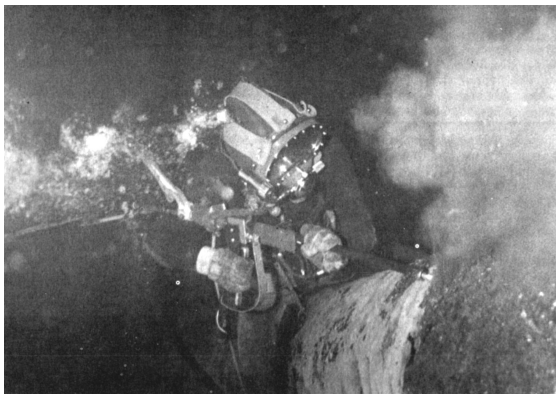


Fig. 6.22. Scafandru îndepărtând blindajul unei conducte cu ajutorul lancei de apă de înaltă presiune.

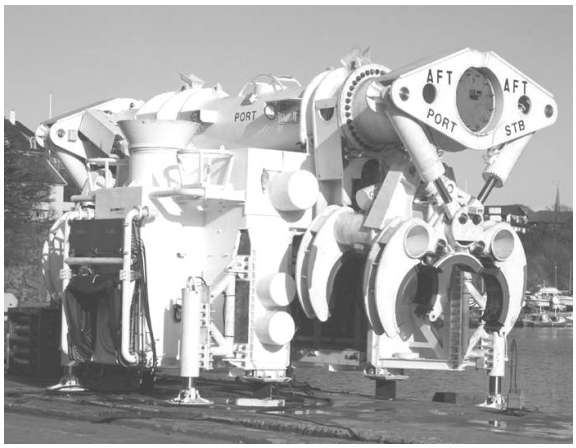


Fig. 6.23. Aliniator de conducte.

Poziționarea aliniatorului pe conductă se face de către scafandrii plasându-l la distanță egală, în centrul secțiunii tăiate, prin intermediul unor cabluri – ghid şi a unei macarale şi apoi poziționându-l pe capetele conductei (fig. 6.24).

Fig. 6.24. Poziționarea de către scafandru a aliniatorului pe conductă.

Aliniatorul de țevi este prevăzut în interior cu mai multe perechi de clamp-uri şi bacuri hidraulice care sunt acționate din exterior de către scafandri. Prin prinderea conductei cu clamp-uri şi prin manevrarea bacurilor pe orizontală, cele două capete de conductă sunt forțate să se alinieze. Apoi, se coboară chesonul pentru sudură folosind, de asemenea, cabluri-ghid. Chesonul se poziționează într-un spațiu special conceput din centrul aliniatorului de conducte pe la partea sa superioară. Acesta este prevăzut în părți, la partea inferioară, cu două deschideri de forma unor cavaleți care se vor poziționa pe secțiunile de conductă (fig. 6.25).

Partea inferioară a chesonului se extinde cu aproximativ 1,5 m sub nivelul conductei, iar cele două deschideri laterale trebuie, de asemenea, etanşate pentru ca atunci când chesonul este presurizat, apa să fie evacuată complet.

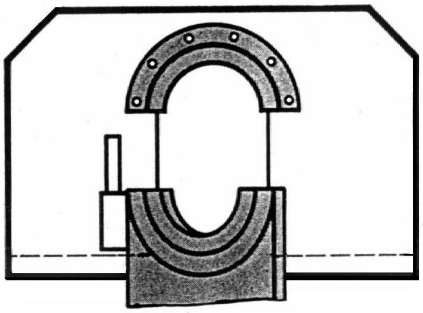


Fig. 6.25. Deschiderea în formă de cavaleți a chesonului de sudare.

Etanşarea se realizează cu ajutorul unor porți cu balamale care sunt de asemenea prevăzute cu cavaleți şi care sunt prinse sub conductă, iar apoi fixate şi închise. În timp ce chesonul este coborât, interiorul acestuia este presurizat cu amestec de gaz respirator HELIOX pentru a se evacua apa din interior. După ce porțile laterale au fost fixate şi închise, scafandrii pătrund în interiorul chesonului, fără ecluzare, printr-o jupă în formă de "U" şi se poziționează pe o platformă de lucru pliabilă, alcătuită din grătare metalice, pentru a continua lucrarea.

În interiorul chesonului, scafandrii îşi scot aparatul de respirat (masca facială), respirând din atmosfera din interior. Aici ei continuă lucrul preliminar la cele două jupe în formă de "U" pe unde intră. Acestea trebuie etanşeizate cu ajutorul unor bucăți subțiri din cauciuc ceva mai mici în diametru decât conducta şi care sunt prevăzute cu

găuri. Acestea sunt prinse de fiecare parte a conductei, lângă deschiderile laterale ale chesonului, prin intermediul unor coliere metalice. După ce acestea au fost fixate, în interiorul celor două capete ale conductei se introduc baloane speciale care se umflă cu aer pentru a împiedica apa să iasă din conductă atunci când se evacuează apa complet din cheson (fig. 6.26).

Aceste baloane sunt confecționate din cauciuc special, cu rezistență mecanică ridicată şi insolubil în petrol. Apoi, se trece la evacuarea completă a apei pin presurizarea chesonului, lăsând conducta în atmosferă uscată.

În interiorul chesonului se găsesc toate instalațiile, uneltele şi sculele necesare efectuării lucrării, cum ar fi: sursă de curent pentru sudarea WIG/TIG şi MIG, portelectrozi şi sârme-electrod, unealtă pentru prelucrarea marginilor conductei, polizoare, perii din sârmă, aparat pentru controlul nedistructiv cu raze gamma sau X, precum şi un tablou de măsură şi control al acestora. De asemenea, chesonul mai dispune de sisteme de menținerea vieții asemănătoare celor aflate într-o turelă închisă: epurator de dioxid de carbon, comunicații radio, lumini, TV, alimentare cu oxigen, aparate pentru controlul temperaturii şi al umidității, sursă de gaz de rezervă. În cheson se mai află şi dispozitive pentru absorbția noxelor rezultate de la sudură (oxid de carbon, praf).

După ce mediul din chesonul de sudură a devenit uscat, se procedează la finisarea (şanfrenarea) marginilor tăiate ale capetelor conductelor la un unghi de 30^0. Această operațiune se face mecanic cu ajutorul unei unelte speciale prevăzută cu o sculă aşchietoare care se coteşte pe circumferința conductei prin acționare hidraulică (fig. 6.27).

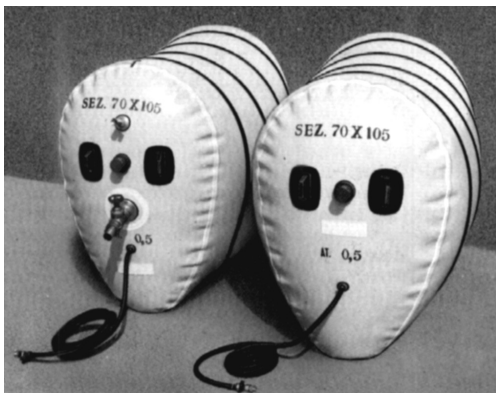


Fig. 6.26. Baloane gonflabile.

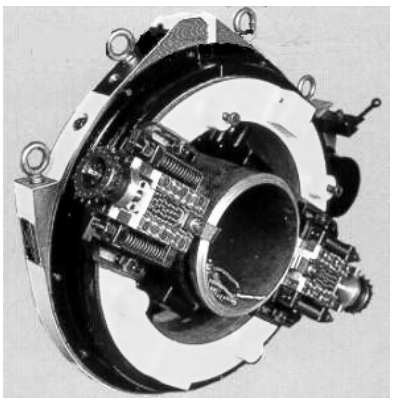


Fig. 6.27. Unealtă pentru şanfrenat conducte.

Se trece apoi la fixarea tronsonului de conductă care urmează să fie sudat în interiorul chesonului. Tronsonul de conductă este introdus în interiorul chesonului de sudură cu ajutorul unor lanțuri-ghid, pe la partea inferioară, prin ridicarea platformei metalice pliante, după care este curățat şi fixat în poziția finală.

Operațiunea de sudare se efectuează prin mai multe treceri, numărul acestora fiind în funcție de grosimea peretelui conductei. Pentru o conductă cu grosimea peretelui de 19 mm sunt necesare minimum şapte treceri, iar pentru o conductă cu grosimea de 1 țol (25,4 mm) sunt necesare chiar mai multe treceri. Timpul necesar

efectuării unei suduri hiperbare uscate este în medie de 9 ore pentru un diametru de conductă de 800 mm (fig. 6.28).

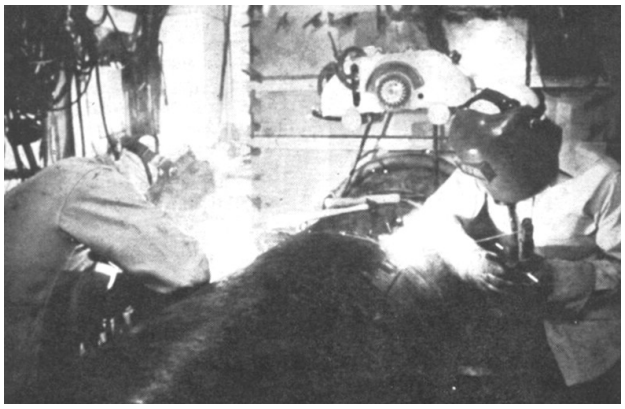


Fig. 6.28. Sudarea hiperbară în mediu uscat.

Pentru sudarea rădăcinii şi a stratului de normalizare, se utilizează procedeul WIG (TIG), iar pentru sudarea de umplere (încărcare) se foloseşte procedeul MIG cu sârmă-electrod plină sau cu electrozi înveliţi cu conţinut scăzut de hidrogen în înveliş.

Folosirea procedeului MIG prezintă avantajul că nu este necesară preîncălzirea conductei, însă are un cost mai ridicat. Folosirea electrozilor înveliţi prezintă avantajul unui timp mai redus de execuţie şi a unui preţ de cost mai scăzut.

După ce sudura a fost efectuată, cordonul de sudură se polizează şi apoi este inspectat cu o metodă radiografică de control nedistructiv (cu raze gamma sau cu raze X). Aparatul pentru inspectare se află în interiorul chesonului, iar operaţia este realizată de o altă echipă de scafandri specializaţi în controlul nedistructiv. În cazul în care, în urma controlului, se descoperă defecte de sudură, sudura trebuie refăcută, iar dacă sudura este aprobată de către inginerul specialist în sulfură aflat la suprafaţă, se trece la acoperirea tronsonului conductei cu un strat de ciment special.

În continuare chesonul, împreună cu aliniatorul de conducte, sunt ridicate la suprafaţă, iar porţiunile care au fost în contact cu bacurile hidraulice sunt de asemenea acoperite cu un strat de ciment special.

După efectuarea acestor operaţiuni, scafandrii se reîntorc la turelă, care, după intrarea scafandrilor şi închiderea porţilor, este ridicată la suprafaţă şi cuplată cu barocamera de pe nava suport. Scafandrii se transferă din turelă în barocameră unde va avea loc decompresia. Viteza de ridicare în timpul decompresiei din barocameră poate fi, spre exemplu, de 1,2 m/h cu paliere de staţionare pentru ultimii metrii: 1 oră la 39 m, 2 ore la 30 m, 3 ore la 21 m şi 4 ore la 9 m. Utilizând un astfel de procedeu de decompresie, timpul total de ridicare poate fi de 110 ore de la adâncimea de 122 m, adică de peste 4,5 zile.

Sudarea în mediu uscat, în condiţii hiperbare, a fost dezvoltată foarte mult la lucrările offshore efectuate în Golful Mexic şi în Marea Nordului, oferind o serie de avantaje cum ar fi:

- securitate sporită pentru scafandrii sudori prin asigurarea unui habitat uscat, încălzit, iluminat, cu sistem propriu de control al atmosferei;
- productivitate maximă datorită posibilităţii lucrului în schimburi;

– monitorizare de la suprafață privind pregătirea asamblării, alinierea secțiunilor, sudarea, controlul nedistructiv etc.;
– calitate a sudurii apropiată de cea realizată la suprafață;
– posibilitate de aplicare a preîncălzirii sau a tratamentului termic.

Dintre dezavantajele sudării în mediu uscat, în condiții hiperbare pot fi enumerate:

– echipament costisitor, de mare complexitate şi greu de manevrat;
– durată mare de lucru;
– dacă condițiile meteorologice şi starea mării sunt nefavorabile, desfăşurarea operațiunii se face cu greutate, conducând chiar şi la amânarea lucrărilor.

6.2.2. SUDAREA ÎN MEDIU USCAT, ÎN CONDIȚII HIPERBARE, EFECTUATĂ ÎN MINIHABITAT

Spre deosebire de sudura în mediu uscat, în condiții hiperbare, efectuată într-un cheson, acest procedeu utilizează o instalație de tipul unui clopot sau turelă deschisă la partea inferioară. Aceasta poate fi construită în mai multe modele şi mărimi conform necesităților impuse de configurația structurii metalice submerse la care se va executa sudura. La acest procedeu, scafandrul sudor se află în mediul umed, în apă, dispunând doar de spațiul lipsit de apă unde efectuează sudura uscată la o presiune egală cu presiunea ambiantă (minihabitatul se află în echipresiune cu mediul acvatic exterior).

Procedeul a fost dezvoltat în anii ’70 în S.U.A. unde s-a realizat sistemul Hydrobox, pentru repararea şi sudarea în mediu uscat a unor componente ale platformelor marine. În figura 6.29 sunt arătate părțile componente ale unei incinte Hydrobox transparente pentru repararea unei conducte, iar în figura 6.30 se prezintă o incintă Hydrobox, de dimensiuni mai mici, pentru repararea unei îmbinări sudate la o platformă marină. Instalația Hydrobox poate fi utilizată pentru sudarea unei conducte atât în poziție orizontală, cât şi în poziția verticală.

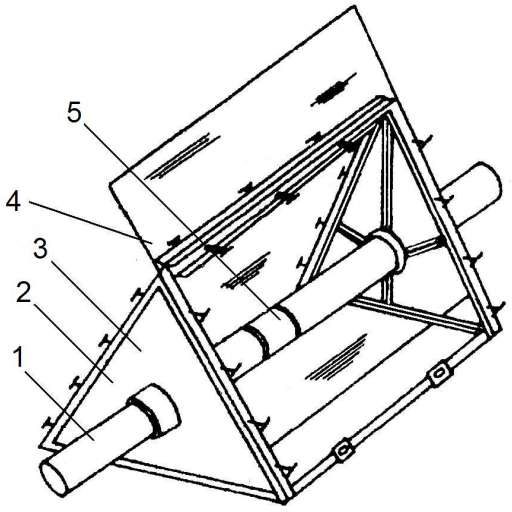


Fig. 6.29. Părțile componente ale unei incinte Hydrobox:
1– conductă;
2– sistem de etanşare;
3– incintă Hydrobox;
4– panou transparent;
5– porțiune de conductă înlocuită.

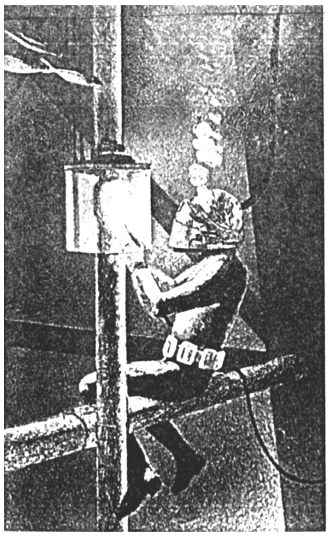


Fig. 6.30. Scafandru executând o sudură într-o incintă Hydrobox de mici dimensiuni.

În cazul reparării unor tronsoane de conductă de diametru mai mare, se poate utiliza un minihabitat sau minicheson sub forma unei turele dechise la partea de jos. Minichesonul tip turelă deschisă are dimensiuni mai mari, este netransparent şi poate fi prevăzut cu a podea, pentru a fi plasat etanş pe conductă, sau poate fi fără podea. În incintă este introdus aer sau un amestec de gaze (HELIOX, ARGONOX) la o presiune suficientă pentru evacuarea apei şi obţinerea mediului de sudare uscat.

Procedeul este destul de mult dezvoltat oferind un domeniu larg de aplicaţii, o calitate a îmbinărilor apropiată de cea a sudurilor realizate la suprafaţă, precum şi posibilitatea aplicării preîncălzirii sau a tratamentului termic.

Procedeul necesită însă un timp destul de îndelungat pentru montarea pe poziţie a minihabitatului, iar vizibilitatea în zona de lucru poate fi limitată datorită degajărilor de fum şi de vapori de apă. Procedeul de sudare în mediu uscat, în condiţii hiperbare, în minihabitat, şi-a găsit aplicabilitate şi prin posibilitatea utilizării procedeului de sudare MIG în impulsuri.

6.2.3. SUDAREA ÎN MEDIU USCAT, EFECTUATĂ LA PRESIUNEA ATMOSFERICĂ

Procedeul de sudare în mediu uscat, la presiune atmosferică, are loc în interiorul unei incinte special construite, menţinută uscată la presiunea atmosferică, de 1 bar (sc.abs.). Scafandrul sudor dispune de toate condiţiile pentru executarea unor suduri cu caracteristici mecanice similare celor executate la suprafaţă.

Acest procedeu de sudare este aplicat la repararea conductelor submarine, la executarea de branşamente şi la conectarea riser-ului la conducta submersă, la adâncimi cuprinse între 300 m şi 1000 m. Sudarea se poate executa în toate poziţiile, cu una sau mai multe treceri. Firma COMEX a pus la punct un sistem de sudare uscată la presiune atmosferică numit Weld'AP (fig. 6.31). La acest sistem, incinta de sudare este solidară cu conducta de reparat. Un modul de intervenţie submarină, echipat cu întregul echipament necesar intervenţiei, se cuplează de incintă. Transferul scafandrilor sudori se face prin intermediul unei turele închise, locuite şi pilotate. Etanşeitatea la nivelul conductei se realizează prin intermediul unui sistem special conceput.

Principalele avantaje ale procedeului sunt: calitatea bună a îmbinărilor sudate, condițiile bune de lucru şi posibilitatea aplicării preîncălzirii şi a tratamentului termic.

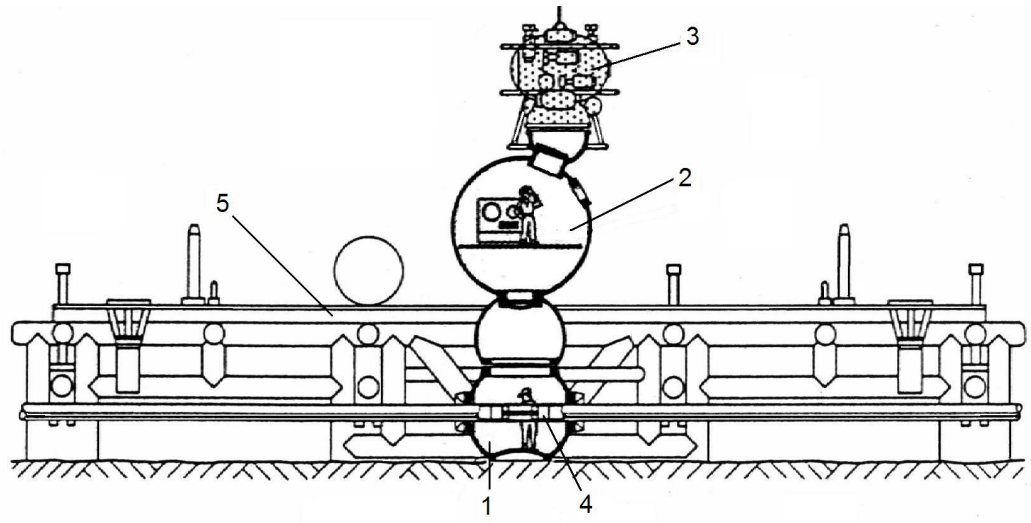


Fig. 6.31. Sistem de sudare uscată la presiune atmosferică Weld'AP: 1– chesonul de lucru la presiune atmosferică; 2– modulul suport la presiune atmosferică; 3– modulul de transfer; 4– baloane gonflabile; 5– aliniatorul de țevi.

Dezavantajele procedeului sunt: echipamentul foarte complex, greu de manevrat şi foarte costisitor, personalul numeros, utilizarea unei nave suport prevăzută cu un sistem de scufundare la mare adâncime cu module pentru asigurarea tehnico-materială şi cu instalații de aliniere şi poziționare, problemele de lansare pe timp nefavorabil sau la adâncimi mici unde este resimțită acțiunea valurilor, precum şi durata mare de lucru.

6.2.4. SUDAREA CU USCARE LOCALĂ

Procedeul de sudare cu uscare locală se execută direct în apă, cu ajutorul unor echipamente construite special, care îndepărtează apa din jurul arcului electric şi al sudurii. Tehnica a fost dezvoltată în S.U.A., Rusia, Polonia, Japonia şi România şi utilizează componentele unei instalații MIG/MAG adaptate pentru sudarea în mediu umed. Procedeul necesită un echipament minim şi nu este necesară nici o instalație auxiliară.

Capul de sudare este de construcție specială, fiind prevăzut cu mai multe duze concentrice prin care se trimite un gaz de protecție (CO_2), aer comprimat încălzit şi apă sub presiune pentru răcirea pistoletului (fig. 6.32).

Aerul comprimat, uscat şi încălzit, formează un ecran protector între apa exterioară şi gazul de protecție. Zona uscată asigură diminuarea considerabilă a răcirii rapide a sudurii şi a descompunerii apei înconjurătoare datorită arcului electric.

Instalația de sudare subacvatică cu uscare locală este alcătuită din componentele aflate la suprafață pe nava suport care sunt sursa de curent, panoul de măsură şi control, compresorul de aer, buteliile cu dioxid de carbon şi din elementele aflate sub apă, la scafandrul sudor, care sunt capul de sudare, containerul etanş cu sârma-electrod de adaos, mecanismul de avans şi pompa de apă.

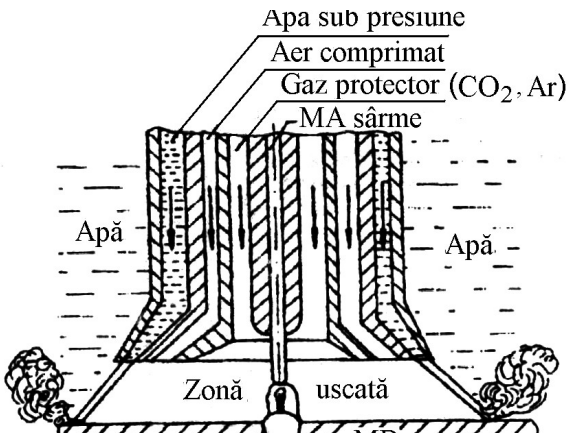


Fig. 6.32. Schema capului de sudare subacvatică cu uscare locală.

Sursa de curent pentru sudarea subacvatică cu uscare locală este aceeaşi cu cea utilizată la suprafaţă, la sudarea în mediu de gaz protector, adică redresor sau invertor. Sârma-electrod de adaos poate fi plină sau tubulară.

Prin acest procedeu se obţine o calitate bună a sudurii, iar costul sudurii este acelaşi cu cel al sudurii efectuate în mediu umed cu electrozi înveliţi. Sudura subacvatică cu uscare locală s-a realizat cu succes sub apă până la adâncimi de 30...40 m.

6.3. PROCEDEE DE SUDARE SUBACVATICĂ CU ARIE RESTRÂNSĂ DE APLICARE

Câmpul vast de acţiune în mediul subacvatic şi necesităţile mari în privinţa efectuării de suduri sub apă, au stimulat desfăşurarea unei intense activităţi de cercetare ştiinţifică şi tehnologică pe plan mondial, conducând la dezvoltarea şi utilizarea unor alte metode de sudare în mediul subacvatic cum ar fi sudarea sub strat de flux, sudarea cu plasmă, sudarea prin frecare şi sudarea bolţurilor.

6.3.1. SUDAREA SUBACVATICĂ SUB STRAT DE FLUX

Procedeul de sudare subacvatică sub strat de flux a fost dezvoltat în Japonia şi este aplicat prin utilizarea tehnicii de sudare subacvatică în mediu umed, folosind sârmă plină sau tubulară. Etanşarea zonei arcului electrod pentru îmbunătăţirea condiţiilor de sudare, se realizează prin utilizarea unui flux conţinând 40% silicat de sodiu lichid (sticlă solubilă). Procedeul prezintă marele avantaj al scăderii vitezei de răcire după sudare datorită stratului de zgură şi flux.

Rezultatele obţinute pot fi rezumate astfel:

– prin folosirea fluxului cu 40% sticlă solubilă, indiferent de tipul sârmei (plină sau tubulară), se pot obţine sub apă arcuri stabile şi cordoane de sudură fără pori, incluziuni de zgură, fisuri sau crestături;

– efectul de izolare termică a fluxului este semnificativ, viteza de răcire fiind cu mult mai mică decât cea obţinută la sudarea subacvatică umedă cu electrozi înveliţi;

– nu are loc durificarea cordonului de sudură;

– sudurile obţinute prin acest procedeu asigură o suficient de mare rezistenţă la tracţiune, o ductibilitate şi o rezistenţă bune.

6.3.2. SUDAREA SUBACVATICĂ CU PLASMĂ

Sudarea subacvatică cu plasmă prezintă unele caracteristici care o deosebesc semnificativ de celelalte procedee de sudare subacvatică şi care pot fi:

– arcul de plasmă poate fi generat uşor sub apă şi menţinut într-o stare stabilă fără a fi sensibil la modificările de distanţă între generatorul de plasmă şi piesele de sudat;

– datorită transferului intens de căldură, determinat de o concentrare înaltă a energiei, productivitatea este foarte ridicată;

– arcul de plasmă fiind constrâns, dirijarea lui este foarte precisă;

– jetul de plasmă funcţionează şi ca sursă luminoasă în tot timpul lucrului sub apă, ceea ce face ca zona sudării să fie vizibilă sub apă, constituind un mare avantaj pentru scafandrul sudor faţă de celelalte procedee de sudare sub apă.

Au fost efectuate şi experimentări de sudare subacvatică cu plasmă utilizându-se în locul gazului de protecţie un lichid de protecţie (sticlă solubilă diluată cu apă). S-a constatat că sticla solubilă are un pronunţat efect de stabilizare asupra jetului de plasmă, creând totodată un strat izolator termic, ceea ce conduce la micşorarea considerabilă a vitezei de răcire a metalului topit şi la dispariţia porilor.

De asemenea, în Japonia a fost dezvoltată o nouă tehnologie de sudare subacvatică cu plasmă denumită "apă plus gaz protector", aceasta fiind similară cu cea pentru sudarea MAG-CO_2 cu uscare locală şi perdea de apă însă, în acest caz, apa curge prin 12 găuri dispuse circular în partea de jos a generatorului de plasmă.

Procedeul dă rezultate bune până la adâncimi de 300 m, însă prezintă dezavantajul unei viteze mici de sudare, de numai 60…80 mm/min.

6.3.3. SUDAREA SUBACVATICĂ PRIN FRECARE

Procedeul de sudare subacvatică prin frecare constituie o metodă promiţătoare fiind mult mai puţin influenţat de factori de mediu, decât oricare altă tehnică la care se utilizează arcul electric. Metoda a fost dezvoltată în Anglia găsindu-şi aplicabilitatea la repararea reţelelor de conducte submerse, înlocuirea anozilor sau la fixarea dispozitivelor de tensionare ale platformelor marine.

Cea mai simplă variantă de sudare prin frecare, adaptabilă la sudarea sub apă, este varianta prin frecare continuă (convenţională). Piesele de sudat sunt presate una pe alta cu o forţă axială, una dintre ele fiind rotită cu o viteză constantă o anumită perioadă de timp pentru a se asigura condiţiile de plasticitate necesare formării sudurii. Rotaţia este apoi oprită cu o frânare bruscă, menţinându-se constantă sau mărindu-se presiunea de apăsare a pieselor. Sudarea se realizează prin deformarea plastică a capetelor. Pentru îmbinarea secţiunilor circulare, poate fi aplicată şi metoda prin frecare radială.

Sudarea subacvatică prin frecare a fost utilizată cu succes până la adâncimea de 60 m, găsindu-şi aplicare şi în cazul sudării bolţurilor pe table.

6.3.4. SUDAREA SUBACVATICĂ A BOLŢURILOR

Sudarea subacvatică a bolţurilor pe plăci, cu arc electric, a fost utilizată încă din anul 1930. A început să fie studiată începând cu anul 1944 în S.U.A., Japonia, Franţa şi Olanda. În anul 1974, la Institutul de Tehnologie din Massachussetts, S.U.A., a fost

realizat un pistolet de sudare subacvatică, cu arc electric, a bolțurilor cu diametrul de până la 19 mm (fig. 6.33).

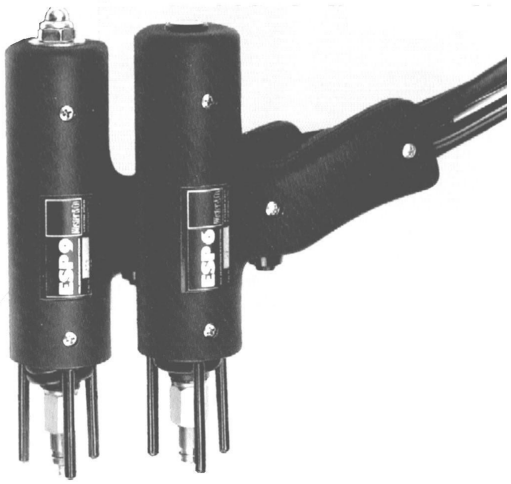


Fig. 6.33. Pistolete pentru sudare subacvatică cu arc electric a bolțurilor.

Pentru a realiza îmbinarea sudată, scafandrul încarcă un bolț în pistolet, îl apasă pe piesa de lucru şi apasă pe trăgaci. Controlerul electric al pistoletului controlează ordinea procesului de sudare conform valorilor prestabilite. Sursa de curent poate fi o baterie de condensatoare pentru bolțuri cu diametrul până la 6,4 mm, sau o sursă de curent continuu pentru bolțuri cu diametrul până la 25 mm (fig. 6.34).

Fig. 6.34. Sursă de curent continuu pentru sudare cu arc electric a bolțurilor.

Sudarea bolțurilor sub apă se realizează astfel:

– se aduce bolțul în contact cu piesa şi se permite trecerea unui curent electric mare care încălzeşte puternic zona de contact;

– se retrage bolțul pentru formarea unui arc electric care topeşte capătul bolțului şi piesa;

– se întrerupe curentul electric şi se împinge rapid bolțul spre piesă;

– se realizează sudura prin efectul combinat al solidificării metalului topit şi al deformărilor plastice la cald.

Mica cantitate de apă existentă între bolţ şi piesă este eliminată în momentul apăsării bolțului pe piesă. De asemenea, porțiunile centrale ale bolțului nu sunt afectate serios de prezența apei.

Sudarea subacvatică a bolțurilor nu necesită o calificare specială, putând fi efectuată şi de un scafandru fără calificare în sudare.

În tabelul 6.5 este prezentată, în mod sintetic, o clasificare a procedeelor de sudare subacvatică discutate anterior, cu principalele domenii de aplicare, precum şi avantajele şi dezavantajele fiecărui procedeu.

6.4. PREZENȚA FACTORULUI UMAN LA SUDAREA SUBACVATICĂ

Sudarea subacvatică presupune şi considerarea influenței factorului uman asupra desfăşurării procesului de sudare. Sudarea electrică manuală subacvatică necesită din partea scafandrului sudor o concentrare sporită deoarece, în timpul efectuării operației de sudare, el este suprasolicitat din punct de vedere fizic şi psihic. Această suprasolicitare a scafandrului se datorează în special efectelor presiunii hidrostatice, vizibilității reduse a apei, prezenței echipamentului de scufundare şi, de multe ori, poziției în care se află.

Dobândirea deprinderilor tehnice pentru scafandrii sudori este rezultatul unui antrenament îndelungat, iar formarea, menținerea şi perfecționarea deprinderilor dobândite în cadrul pregătirii sunt îngreunate de faptul că uneori scafandrii respectivi nu execută în exclusivitate operații de sudare. Selectarea persoanelor capabile să execute operații de sudare sub apă este dificilă, deoarece această activitate presupune aptitudini atât pentru operațiile propriu-zise de sudare cât şi pentru alte activități efectuate în condiții de scufundare.

Referitor la scafandrii care execută şi lucrări de sudare, se impune abordarea a două probleme: cea a modului în care trebuie să se efectueze pregătirea şi cea a modului de ierarhizare a scafandrilor pregătiți în raport cu deprinderile dobândite. Ierarhizarea scafandrilor este importantă pentru a permite executarea operativă a lucrărilor experimentale necesare elaborării tehnologiilor de sudare şi pentru rezolvarea aplicațiilor practice în baza corelării aptitudinilor scafandrilor cu gradul de dificultate şi cu nivelul de importanță a lucrărilor prestate.

În România, ierarhizarea scafandrilor se face conform "Normelor privind pregătirea, organizarea şi protecția muncii în activitatea de scufundare", editate la Centrul de Scafandri Constanța în 1990 şi în 1996.

În funcție de adâncimea de scufundare, scafandrii sunt brevetați pentru următoarele categorii:

– categoria a III-a din care fac parte scafandrii ce execută scufundări până la adâncimea de 40 m; din această categorie fac parte şi scafandrii de bord, pregătiți pentru scufundări până la adâncimea de 12 m;

– categoria a II-a din care fac parte scafandrii ce execută scufundări până la adâncimea de 60 m;

– categoria I din care fac parte scafandrii ce execută scufundări la adâncimi mai mari de 60 m; scafandrii din această categorie se numesc scafandrii de mare adâncime.

Tabelul 6.5

Tehnici şi limite de operare la sudarea subacvatică

Tehnici de sudare (adâncime de lucru, cost)	Limite	Efecte asupra metalului depus	Cantitate de fum	Domenii de aplicare	Avantaje
Sudare umedă – cu electrozi rutilici sau austenici, cu învelişuri speciale rezistente la apă (adâncime maximă 50 m; cost minim)	Stabilitatea sudorului, lucrul în mediu umed rece, vizibilitate scăzută, manipulare dificilă, răcire rapidă a îmbinării după sudare	Fisurare la rece datorată hidrogenului difuzibil, pori, incluziuni de zgură, pătrundere redusă, ZIT casantă, microstructură cu constituenţi duri de călire	Dispersată în apă	Îmbinări sudate de colţ prin suprapunere sau cap la cap, în orice poziţie, realizate din una sau mai multe treceri	Folosire economică de echipament clasic
Sudare subacvatică uscată într-un minihabitat – sudarea manuală cu electrozi învelţi (E 7016; E 7018; E 8018 C 1 sau 2 sau 3; E 100) sau sudare în medii de gaze protectoare ($He+O_2$ sau $Ar+O_2$) folosind sârmă tubulară (adâncime maximă 120 m; cost mediu)	Necesită incinte fără fund, manevrabilitate limitată, vizibilitate redusă datorită fumului şi vaporilor de apă	Posibilitatea de introducere a hidrogenului, apariţia defectelor (pori şi incluziuni de zgură), realizarea cu dificultate a straturilor de rădăcină, viteza de răcire controlată asigură proprietăţi superioare îmbinării sudate	Fumul şi vaporii de apă pot crea probleme	Orice tip de îmbinare sudată, în orice poziţie, din una sau mai multe treceri, cu precădere la lucrări de reparaţii	Zona de sudare uscată, operatori sudori parţial separaţi de mediul marin, viteze reduse de răcire, posibilitatea de aplicare a tratamentelor termice înainte şi după sudare
Sudare hiperbarică uscată WIG, cu sau fără material de adaos pentru straturile de rădăcină, eventual următoarele treceri; electric manual cu electrozi înveliţi sau MAG-CO_2 mecanizată, a straturilor de umplere (adâncime maximă 300 m; cost ridicat depinzând de dimensiunea şi complexitatea echipamentului folosit)	Camere hiperbarice sofisticate, dificil de lansat pe vreme rea	Realizare dificilă a stratului de rădăcină datorită împrăştierii arcului electric; impurificarea cu hidrogen nu este o problemă	Nu apar probleme datorită prezenţei sistemelor de extracţie şi control al umidităţii	Orice tip de îmbinare sudată, în orice poziiţie, din una sau mai multe treceri, cu precădere la lucrări de reparaţii	Zonă de lucru şi operator total protejat de mediul umed, proprietăţi mecanice superioare, posibilităţile de tratament termic îndeplinesc cerinţele pentru sudarea obişnuită în aer
Sudare subacvatică uscată la presiune atmosferică – sudare manuală cu electrozi înveliţi şi sudare MAG-CO_2, folosind materiale de adaos similare ca şi pe uscat (adâncime cel puţin 300 m; posibilă până la 1000 m; cost ridicat al incintei şi al funcţionării ei)	Complexitatea echipamentului, probleme de lansare şi stabilitate pe vreme rea, echipe mari de lucru	Nici unul atribuit mediului de lucru, arcul electric de sudare fiind neinfluenţat de efectele presiunii atmosferice	Nici o problemă semnificativă	Orice tip de îmbinare sudată, în orice poziţie, din una sau mai multe treceri, cu precădere la lucrări de reparaţii	Aceleaşi ca şi la sudarea în aer

Deosebit de importantă este stabilirea unor criterii şi a unei metodologii de testare a scafandrilor sudori care să permită gruparea lor pe categorii. Acestea trebuie să confirme faptul că îmbinările sudate realizate de scafandrii din aceeaşi categorie nu diferă semnificativ, în timp ce îmbinările sudate realizate de scafandrii sudori din diferite categorii diferă sensibil, în special calitativ.

6.4.1. INFLUENȚA CURENTULUI ELECTRIC ASUPRA SCAFANDRULUI SUDOR

Din studiile efectuate, s-a stabilit că cel mai periculos acționează asupra unui organism viu curentul electric alternativ, iar cel mai puțin periculos este curentul electric continuu. Pentru a se determina acțiunea câmpului electric asupra scafandrului la lucrările de sudare (tăiere) subacvatică, au fost efectuate experimentări pentru a pune în evidență influența acestui câmp asupra organismului uman neprotejat precum şi în diferite zone ale echipamentului scafandrului. Experimentele au arătat că rezistența corpului uman este diferită de la individ la individ şi este puternic dependentă de influențe exterioare, scăzând o dată cu creşterea duratei de acțiune a câmpului electric.

În figura 6.35 şi în tabelul 6.4 sunt prezentate modul de măsurare şi respectiv valorile obținute în urma măsurării potențialului electric în punctele indicate în figura 6.35.

Apariția unor rupturi sau crăpături în costumul tip uscat de protecție termică a scafandrului, conduce la transmiterea curentului electric pe întreaga porțiune umedă a corpului datorită pătrunderii apei în costum.

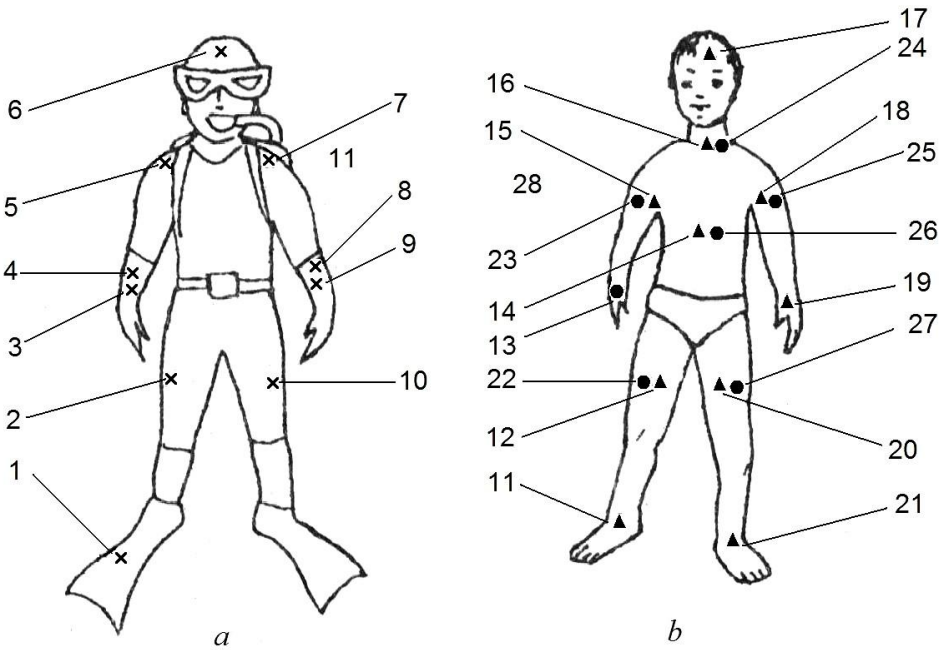


Fig. 6.35. Punctele de măsurare a potențialului electric: *a* – scafandru cu costum; *b* – scafandru fără costum; **x** – pe exteriorul costumului; ▲ – pe piele, pe partea anterioară a corpului; ● – pe piele, pe partea posterioară a corpului.

Tabelul 6.4

Valorile potențialului electric în cele trei situații analizate

Situații analizate	Potențialul electric [V]						
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	-
A	0,11	0,24	1,31	0,85	1,34	2,68	1,45
	0,55	0,73	0,48	1,41	1,08	1,09	1,08
	1,11	1,08	1,28	1,45	1,29	1,49	1,45
	1,07	1,12	1,55	1,43	1,55	1,47	-
B	0,20	0,19	0,74	0,33	1,09	1,45	2,20
	1,63	1,35	0,86	2,19	2,23	2,01	2,27
	2,16	2,23	2,05	3,71	3,15	2,24	2,19
	2,21	2,15	2,24	2,76	2,32	2,25	-
C	0,39	0,52	2,73	2,00	2,51	4,15	3,37
	0,98	1,22	0,84	2,28	2,30	2,29	2,30
	2,32	2,28	1,94	2,28	2,19	2,29	2,29
	2,29	2,32	2,31	2,30	2,32	-	-

Prin îndepărtarea învelişului de pe vârful electrodului, se măreşte partea disponibilă pentru ieşirea curentului electric din suprafața metalică a electrodului. De asemenea, s-a constatat că pentru obținerea aceloraşi efecte, în apă dulce, a fost nevoie de o tensiune mult mai mare aplicată electrozilor.

În concluzie, experimentele au arătat că dacă scafandrul sudor respectă întocmai normele de tehnica securității muncii specifice lucrărilor de sudare/tăiere sub apă (v. Anexa 6.1), nu este periclitat de acțiunea câmpului electric nici în condițiile cele mai defavorabile ($U_0 = 150\ V\ c.c.$).

Primele efecte nemortale ale şocului electric sunt durerea şi contracția bruscă a muşchilor, care conduc la rigiditatea corpului, deficiențe respiratorii, căderea scafandrului, lovirea cu capătul liber al electrodului etc. Încălzirea electrică directă a tegumentului conduce la apariția arsurilor şi a băşicilor dureroase. Majoritatea medicilor specialişti susțin că decesele datorate şocului electric pot fi atribuite următoarelor cauze:

– inhibiția respiratorie, care are loc la trecerea curentului electric prin piept, cap sau centri nervoşi care comandă respirația, având ca efect imediat moartea prin asfixiere;

– fibrilația ventriculară, care înseamnă contractarea necoordonată a muşchilor inimii având ca rezultat moartea datorată lipsei de oxigen în organele vitale; fibrilația ventriculară este cu atât mai periculoasă cu cât, odată declanşată, nu mai poate fi oprită în mod natural;

– stopul cardiac, care este cauzat de un curent electric relativ mare care trece prin piept şi constă în oprirea completă a bătăilor inimii; activitatea normală a inimii poate fi restabilită spontan, după oprirea curentului electric, dacă nu a avut loc o deteriorare a ţesuturilor.

Efectele post-şoc pe termen îndelungat includ arsuri dureroase şi dureri musculare în zonele afectate. Aceste dureri duc la nervozitate, oboseală neobişnuită şi alte simptome denumite sindromul postelectrocutare. Acest sindrom poate avea ca rezultat modificarea personalităţii şi o stare permanentă de teamă care poate conduce la schimbarea profesiunii.

Parametrii principali ai fenomenului electrocutării sunt: traseul curentului electric, intensitatea şi durata de acţionare a acestuia. Atunci când curentul electric trece prin corpul omenesc pe un traseu mână-picior, inima este supusă unui curent electric a cărui valoare este de aproximativ 9...10% din valoarea totală, faţă de numai 3% când traseul este de la mână la mână.

6.4.2. PRESCRIPŢII R.N.R. PRIVIND SUDAREA SUBACVATICĂ CU ELECTROZI ÎNVELIŢI. CONDIŢII GENERALE

Îmbinările sudate sub apă pot fi realizate numai de către scafandrii sudori special pregătiţi în acest scop. Aceştia vor fi autorizaţi de către Registrul Naval Român (R.N.R.) pe baza unui program conform prevederilor speciale RNR 42-86 (2.11). Acestea cuprind o probă pentru autorizarea scafandrilor sudori şi cerinţe privind tehnica securităţii muncii la lucrările de sudare şi tăiere subacvatică. Scafandrii sudori autorizaţi vor efectua obligatoriu îmbinări sudate de antrenament cel puţin o dată la 6 luni. Sunt situaţii în care R.N.R. poate impune ca, înaintea efectuării intervenţiei subacvatice, să fie efectuate îmbinări sudate de antrenament, în condiţii asemănătoare cu cele în care se va efectua sudarea respectivă. Îmbinările sudate sunt examinate de inspectorul R.N.R. şi se va trece la sudarea subacvatică propriu-zisă numai dacă rezultatele vor fi corespunzătoare.

6.4.3. NORME DE TEHNICA SECURITĂŢII MUNCII SPECIFICE ACTIVITĂŢILOR DE SUDARE SUB APĂ

Importanţa efectuării tăierii şi sudării sub apă în condiţii de siguranţă trebuie să fie subliniată în mod constant, indiferent care este procedeul utilizat. În timpul efectuării diverselor operaţiuni din cadrul lucrărilor submarine, viaţa şi securitatea scafandrului depind în permanenţă de respectarea strictă a regulamentelor de securitate a muncii. Utilizarea energiei electrice şi prezenţa gazelor explozive în timpul efectuării operaţiunilor de tăiere şi sudare sub apă, prezintă riscuri majore, în special în apă de mare, care este un excelent conducător de electricitate.

Stricta observare a tuturor regulilor de securitate a muncii referitoare şi la echipamentul utilizat la suprafaţă este în mod egal foarte importantă, deoarece apariţia unei defecţiuni, declanşarea unui incendiu, sau a unei explozii la echipamentul de la suprafaţă, poate pune în pericol viaţa scafandrilor.

Pe plan mondial, cerinţele de securitate şi protecţia muncii prevăzute la lucrările de sudare subacvatică sunt descrise în standarde naţionale.

Tehnicile fundamentale, cât şi procedeele de sudare subacvatică sunt într-un proces continuu de perfecţionare, în conformitate cu necesitatea creşterii calităţii şi a productivităţii.

În România, aceste cerinţe sunt specificate în "Norme privind organizarea şi desfăşurarea activităţilor de scufundare" şi în "Norme privind pregătirea, organizarea şi protecţia muncii în activitatea de scufundare" elaborate de Centrul de Scafandri Constanţa din cadrul Forţelor Navale Române în 1990 şi, respectiv, în anul 1996.

6.5. DEFECTE ALE ÎMBINĂRILOR REALIZATE PRIN SUDURĂ SUBACVATICĂ

Ca şi la sudarea efectuată la suprafaţă şi la sudarea subacvatică defectele sunt abateri de la continuitatea, forma, dimensiunile, aspectul exterior, structura şi compoziţia chimică, prescrise pentru anumite cusături în documentaţia tehnologică. Pentru aprecierea faptului dacă un defect poate fi sau nu acceptat, trebuie corelate mărimea şi numărul acestor defecte cu rezistenţa admisă pentru îmbinarea în cauză. Aprecierea defectelor de sudură şi caracterizarea lor globală trebuie să ţină seama de tipul defectului, de poziţia de îmbinare, de mărimea şi forma defectului, de secţiunea materialului în care se află defectul, de numărul de defecte pe o anumită lungime de îmbinare prin sudură şi de solicitările prescrise pentru îmbinarea sudată respectivă.

6.5.1. CLASIFICAREA DEFECTELOR AFERENTE ÎMBINĂRILOR REALIZATE PRIN SUDURĂ SUBACVATICĂ

Defectele specifice îmbinărilor realizate prin sudură sub apă pot fi: defecte superficiale, defecte deschise (uneori vizibile) şi defecte închise (situate în interior).

Producerea defectelor se datorează fie unor greşeli de proiectare, de adoptare a unei tehnologii necorespunzătoare sau de alegere necorespunzătoare a metarialului de bază, fie unor greşeli de execuţie. Unele dintre defecte pot fi remediate prin efectuarea unor lucrări suplimentare, în timp ce altele nu mai pot fi remediate. Defectele îmbinărilor obţinute prin sudură pot fi defecte de structură şi defecte de formă.

6.5.1.1. Defectele de structură ale îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică

Dintre defectele de structură ale îmbinărilor executate prin sudură pot fi menţionate:

a) *Crăpăturile sau fisurile* care sunt sub forma unor discontinuităţi cu dimensiuni microscopice. În cazul în care se văd cu ochiul liber, având deci dimensiuni mai mari, se numesc crăpături. Fisurile sunt considerate defecte periculoase şi nu sunt admise în sudură. Fisurile se pot produce la cald (în perioada în care materialul este încălzit) sau la parcurgerea intervalului de timp de solidificare. Tendinţa de fisurare este mare în timpul solidificării oţelurilor cu conţinut mare de carbon şi la fonte. De aceea la sudarea acestora se vor lua măsuri de prevenire prin aplicarea tratamentelor termice specifice (preîncălzirea înaintea sudării şi recoacerea după sudare).

b) *Porii şi suflurile* care sunt cavităţi umplute cu gaz având suprafaţa lucie, de cele mai multe ori de formă sferică. Mecanismul formării acestor defecte este determinat de condiţiile de lucru şi anume dacă viteza de evacuare a bulelor de gaz este mai mică decât viteza de înaintare a frontului de cristalizare, bulele rămân prinse în metalul solidificat în jurul lor. La îmbinările la care gazele reuşesc să se evacueze la solidificarea băii topite nu se înregistrează pori. Gazele care se află în pori pot fi dioxid de carbon, oxid de carbon, metan, hidrogen sau hidrogen sulfurat.

Suflurile au o formă prelungită, dimensiunea maximă a acestora fiind paralelă cu axa cordonului de sudură. Cauzele care produc aceste defecte sunt:

- umiditatea ridicată ce provoacă o cantitate mare de vapori de gaz care se descompun în arc în hidrogen şi oxigen; umiditatea poate proveni din învelişul electrodului, de pe suprafaţa semifabricatului sau din impurităţi;
- regimul de lucru necorespunzător: curentul de sudură I_s prea mare, arcul prea lung sau tensiunea de sudură U_s prea mare;
- compoziţia chimică necorespunzătoare a materialului:
  – conţinutul ridicat de carbon al materialului de adaos prin ardere, dă naştere la o cantitate mare de oxid de carbon sau dioxid de carbon;
  – feroaliajele în combinaţie cu hidrogenul pot forma pori; cele mai sensibile materiale la formarea porilor sunt oţelurile aliate cu crom.

c) *Incluziunile* care sunt defecte de compoziţie chimică diferită de cea a metalului din cusătură. Ele pot fi metalice sau nemetalice. Din punct de vedere chimic ele pot fi oxizi, silicaţi, sulfuri, nitrări.

Cele mai frecvente incluziuni sunt cele nemetalice aşa cum sunt cele de zgură. Incluziunile de zgură sau flux sunt resturi rămase după solidificare ca urmare a faptului că nu s-a executat curăţirea după fiecare cordon. Ele pot avea formă plană, rotundă sau alungită. Dintre cauzele care duc la apariţia lor pot fi menţionate:

– suprafaţa materialului de bază este acoperită cu rugină, vopsea sau ulei;
– îndepărtarea insuficientă a zgurei de pe fiecare strat şi de la rădăcină, mai ales în locurile unde cordonul are denivelări şi aderenţa zgurei este mare etc.

Îndepărtarea incluziunilor se face prin curăţire şi resudare.

d) *Lipsa de pătrundere* ce caracterizează defectul la care materialul topit nu acoperă toată secţiunea necesară sudurii astfel încât rămâne un interstiţiu între materialul depus şi cel de bază. Acest defect micşorează rezistenţa mecanică a sudurii. Cauzele apariţiei acestui tip de defect sunt: pragul prea înalt, rostul prea mic, unghiul de teşire al rostului prea mic, geometria rostului aleasă incorect, diametrul mare al electrodului, încălzirea incorectă a materialului de bază sau de adaos, sudarea dezaxată, înclinarea incorectă a electrodului, parametrii tehnologici aleşi necorespunzător.

e) *Lipsa de topire* ce apare ca o legătură incompletă între materialul de adaos şi cel de bază sau între straturile metalului depus. Ea se poate situa lateral, între straturi, la rădăcină. Acest defect se depistează prin control cu raze X sau cu ultrasunete. Cauzele apariţiei acestui tip de defect sunt: curăţirea neîngrijită a materialului, suprafaţă cu neregularităţi pe conturul rostului, alegerea parametrilor tehnologici necorespunzători, alegerea greşită a electrozilor. Remedierea acestui defect se face prin curăţire până la zona cu defect şi resudarea urmată de control.

f) *Supraîncălzirea* ce apare ca urmare a solicitărilor la care este supus materialul în ciclurile termice de încălzire-răcire. Structura supraîncălzită se caracterizează prin creşterea granulaţiei şi apariţia formelor aciculare. Supraîncălzirea

datorată ciclului termic de încălzire-răcire se manifestă în materialul de bază şi într-o porţiune a zonei de influenţă termică, care este solicitată la temperaturi de 1100...1400^{0}C. Cauzele apariţiei acestui tip de defect sunt: temperatura de lucru mare, viteza de sudare mare, curentul de sudare mare. Efectele supraîncălzirii apar mai mult la sudarea profilelor mici, pentru sudarea cărora sunt necesare măsuri tehnice speciale. Remedierea acestui defect se face prin tratament termic (normalizare) cu condiţia ca acesta să nu afecteze precizia dimensională a pieselor prin deformare.

g) *Arderea* care este încălzirea ce conduce la depăşirea temperaturii de fuziune, producând arderi sub formă de zgură sau peliculă de oxizi şi particule de metal caracteristice efectului de topire. Arderile sunt asociate, de cele mai multe ori, cu străpungeri ale materialelor prelucrate. Cauzele apariţiei acestui tip de defect sunt: curentul de sudare mare, viteza de sudare mică, geometria necorespunzătoare a rostului.

6.5.1.2. Defectele de formă ale îmbinărilor realizate prin sudură subacvatică

Dintre defectele de formă ale îmbinărilor executate prin sudură subacvatică pot fi menţionate:

a) *Lăţimea neregulată a cusăturii* care este un defect întâlnit atunci când rostul este mai mare decât cel permis, dând naştere la cusături cu lăţimi necorespunzătoare şi neuniforme.

b) *Supraînălţarea şi convexitatea excesivă* ce reprezintă îngroşarea excesivă prin depunerea ultimului strat şi este determinată de viteză de sudare mică şi de curent mic. Convexitatea excesivă este un defect al sudării de colţ care se datorează curentului mic de sudare şi nesincronizării lui cu viteza de sudare.

c) *Abateri de la poziţia relativă a semifabricatelor* faţă de prescripţiile tehnice. Cauzele apariţiei unui astfel de defect sunt: nerespectarea unghiului prescris între cele două axe, lipsa de coaxialitate, abaterile dimensionale sau de formă ale semifabricatelor, prinderea insuficintă prin puncte sau dispozitive şi regimul de încălzire prea puternic.

d) *Alte defecte* aşa cum sunt: rădăcina nesudată într-o îmbinare, scobitură la sudarea în cornişă, scobitură la sudarea de colţ, scobitură la sudarea "cap-la-cap", scobitură la sudarea tablelor suprapuse, scurgerea băii de sudură, străpungerea materialului, crestături pe marginea cordonului.

Cauzele apariţiei acestor defecte sunt: mişcarea rapidă a electrodului, curentul de sudare mare, calitatea electrodului necorespunzătoare, viteza de sudare mare şi necurăţarea rostului şi a zonei apropiate.

6.5.2. CONTROLUL ÎMBINĂRILOR SUDATE SUB APĂ

Controlul îmbinărilor sudate sub apă reprezintă o etapă necesară după efectuarea sudurii subacvatice. Controlul poate fi distructiv, caz în care se aplică numai sudurilor efectuate în scufundări simulate sau nedistructiv şi cuprinde o serie de etape bine stabilite.

Etapele aferente controlului îmbinărilor efectuate prin sudură sub apă sunt:

– *cunoaşterea materiilor prime* din punct de vedere al compoziţiei chimice, proprietăţilor mecanice şi lipsei defectelor ascunse; defectele ascunse se identifică uneori cu radiaţii sau cu ultrasunete;

– *pregătirea rostului* prin control vizual sau cu instrumente de măsură pentru unghiuri, degajări, raze etc.;

– *controlul modului de execuţie* privind folosirea electrodului indicat şi în stare uscată, starea de funcţionare a utilajului, regimul de lucru, curăţirea stratului de zgură, temperatura în materialul de bază şi respectarea măsurilor tehnologice indicate pentru evitarea sau limitarea tensiunilor şi deformaţiilor;

– *controlul final* care se face vizual, dimensional şi prin încercări care pot fi distructive sau nedistructive sau prin analize metalografice, analize spectrale, analize cu radiaţii etc.

Controlul distructiv specific doar îmbinărilor sudate efectuate în scufundare simulată sau de antrenament, se poate efectua, la suprafaţă, prin următoarele tipuri de încercări:

– *încercarea la tracţiune* prin care se determină rezistenţa la rupere a sudurii "cap-la-cap" cu cusături dispuse pe direcţia de solicitare;

– *încercarea la îndoire* prin care se determină capacitatea de deformare plastică a îmbinărilor sudate cu o grosime de minimum 3 mm, prin găsirea unghiului de îndoire până la apariţia unei fisuri şi alungirea medie la îndoire;

– *încercarea de rezistenţă* prin care se obţin rezultate ce servesc la obţinerea aprecierii tenacităţii diferitelor zone ale îmbinării sudate în cazul solicitărilor dinamice ale acestora precum şi rezistenţei la îmbătrânire;

– *încercarea de duritate* prin care se determină duritatea materialului depus de materialul de adaos în zona de influenţă termică şi în materialul de bază;

– *încercarea la aplatisare* prin care se determină capacitatea de deformare a îmbinărilor sudate la ţevi, longitudinale sau transversale, aceasta făcându-se până la apariţia primei fisuri.

Controlul nedistructiv utilizat la toate tipurile de îmbinări sudate efectuate în condiţii subacvatice, reprezintă un ansamblu de metode de control care se aplică la sudurile propriu-zise pentru stabilirea defectelor de sudare. Metodele de control sunt:

– *controlul cu radiaţii penetrante*, cu raze X sau gamma;

– *controlul cu ultrasunete* care se face cu ajutorul palpatoarelor ultrason, înainte de această operaţie efectuându-se o curăţire până la luciul metalic;

– *controlul cu lichide penetrante* care constă în aplicarea unui lichid capilar activ penetrant pe suprafaţa de examinat, îndepărtarea penetrantului rămas în afara discontinuităţilor şi aplicarea unui material aobsorbant, ce absoarbe penetrantul aflat în discontinuităţi punând astfel în evidenţă, prin contrast, defectele existente; această metodă se aplică pentru depistarea defectelor de suprafaţă.

În ceea ce priveşte *clasele de calitate* ale îmbinărilor sudate, pe baza metodelor de control nedistructiv sunt următoarele:

– *clasa I*, cu defecte interioare ce se determină cu radiaţii, cele exterioare vizual, cu lichide penetrante şi cu pulberi magnetice; se admite controlul în proporţie de 50% pentru detectarea defectelor interioare şi de 100% pentru detectarea defectelor exterioare;

– *clasa a II-a* la care se admite controlul interior de 25% şi cel exterior de 100%;

– *clasa a III-a* la care se admite controlul interior de 10% şi cel exterior de 100%;

– *clasa a IV-a* la care nu se face controlul interior, iar cel exterior trebuie să fie de 100%.

ANEXA 2.1

NORME DE PROTECȚIA MUNCII PE TIMPUL EXECUTĂRII DE LUCRĂRI MECANICE SUBACVATICE CU SCAFANDRI extrase din NORMELE PRIVIND ORGANIZAREA ŞI DESFĂŞURAREA ACTIVITĂȚILOR DE SCUFUNDARE elaborate de Centrul de Scafandri Constanța din cadrul Forțelor Navale Române

ART. 349. Se interzice executarea de lucrări mecanice sub apă dacă, înainte de scufundare, nu au fost prelucrate cu toți scafandri, normele de tehnica securității muncii specifice activității ce urmează a fi desfăşurată, precum şi lucrarea în sine.

ART. 350. În cazul în care, pentru executarea lucrării, se folosesc scule şi dispozitive noi, se va executa instruirea tuturor scafandrilor asupra modului de funcționare şi exploatare a lor, precum şi asupra măsurilor speciale de protecția muncii în mânuirea acestora.

ART. 351. Se interzice utilizarea sculelor sau dispozitivelor mecanice a căror termeni de verificare metrologică au expirat.

ART. 352. Sunt interzise improvizațiile în folosirea unor mijloace de coborâre sau recuperare în şi, respectiv, din apă, a unor materiale, scule sau dispozitive.

ART. 353. Pentru executarea de lucrări mecanice de salvare-avarii, sau pentru ranfluarea navelor, se recomandă studierea activității şi antrenarea scafandrilor, înainte de intervenția propriu-zisă, pentru:

- cunoaşterea compartimentajului;
- cunoaşterea punctelor de legare;
- stabilirea celei mai sigure metode de salvare sau ranfluare, cu un minimum de activități subacvatice.

ART. 354. Pentru lucrări de salvare a echipajelor submarinelor avariate, scafandrii trebuie instruiți în ceea ce priveşte cunoaşterea echipamentelor individuale de salvare a submariniştilor, cunoaşterea submarinului şi a procedeelor de salvare a echipajului, precum şi modul de asigurare a acestei salvări.

ART. 355. În cazul lucrărilor pentru recuperarea de materiale din epave, scafandrii trebuie instruiți asupra caracterului încărcăturii, posibilităților de legare, amarare şi măsurilor speciale de securitate.

ART. 356. Când se impune pătrunderea scafandrului în epave, acesta trebuie asigurat cu o saulă de siguranță.

ART. 357. În interiorul epavelor trebuie evitate atingerea obiectivelor care ar putea provoca accidente sau blocarea uşilor, porților şi tambuchiurilor. Pe timpul ridicării unor materiale, scafandrul trebuie să părăsească raza de acțiune a instalației de ridicat.

ART. 358. Lucrările sub apă cu instalații mecanice pentru decolmatare, curățire cu jet sau cu alte scule pneumatice sau hidraulice, sunt permise numai dacă scafandrii sunt autorizați să lucreze cu astfel de instalații şi scule, prin instruire asupra modului de funcționare a acestora şi asupra normelor specifice de protecția muncii.

ART. 359. Înaintea începerii lucrărilor privind montările şi demontările de mecanisme, scafandrii vor studia documentația de bază şi îşi vor însuşi cerințele asupra lucrărilor. Vor începe activitatea numai după ce cunosc tehnologia de lucru sub apă.

ART. 360. Pe timpul lucrărilor sub apă la opera vie a navelor, se interzice orice activitate la bordul navei care ar putea periclita viața scafandrului.

ANEXA 6.1

NORME DE PROTECȚIA MUNCII PE TIMPUL EXECUTĂRII DE LUCRĂRI DE SUDARE ŞI TĂIERE OXI-ARC extrase din NORMELE PRIVIND ORGANIZAREA ŞI DESFĂŞURAREA ACTIVITĂȚILOR DE SCUFUNDARE elaborate de Centrul de Scafandri Constanța din cadrul Forțelor Navale Române

ART. 384. Respectarea prezentelor norme sunt obligatorii pentru întregul personal care, prin natura funcției, organizează şi desfăşoară activități de sudură şi tăiere oxi-arc sub apă.

ART. 385. Lucrările de sudare şi tăiere oxi-arc sub apă sau în mediu hiperbaric uscat, se execută numai de către scafandri instruiți şi calificați pentru aceste operații.

ART. 386. Când se lucrează în spații închise, trebuie avut în vedere că pot apărea acumulări de gaze explozibile. Înainte de începerea operațiilor de tăiere şi sudare sub apă, trebuie verificate toare locurile unde s-ar putea acumula gaze şi practicate orificii corespunzătoare pentru ventilație.

ART. 387. Personalul care organizează şi execută lucrări de sudare şi tăiere oxi-arc sub apă sau în incinte hiperbare uscate, trebuie să țină cont că pericolul de explozie există şi din apa însăşi, prin electroliză, când hidrogenul şi oxigenul ce se degajă pot, în diferite situații, să provoace explozii, din produsele petroliere dizolvate, din pitura construcțiilor metalice şi chiar din biogazul degajat de descompunerile substanțelor minerale, vegetale şi animale din mâl.

Asigurarea scafandrului ce execută operații de sudare sau tăiere oxi-arc sub apă, este obligatorie şi trebuie efectuată de personal calificat, respectându-se indicațiile prezentelor norme.

ART. 388. Normele de securitate ce trebuie respectate de echipa de asistență tehnică de la suprafață, privind utilizarea tehnologiilor de sudare şi tăiere oxi-arc sunt:

- sursa de alimentare cu energie electrică trebuie să fie fixată, pentru a împiedica deplasarea ei datorită vibrațiilor;
- înainte de executarea operațiilor de sudare sau tăiere sub apă, se verifică întreaga instalație electrică pentru prevenirea vreunui scurt-circuit;
- se verifică împământarea şi rezistența de izolație a instalației electrice, care trebuie să fie în limitele instrucțiunilor de exploatare;
- personalul de deservire a sursei electrice precum şi a cablurilor, trebuie să poarte mănuşi şi cizme din cauciuc electroizolant;
- comutatorul sursei electrice trebuie să permită cuplarea şi decuplarea rapidă;
- cablurile electrice trebuie să aibă izolația bună şi să fie construite pentru lucru sub apă;
- cablurile care alimentează portelectrodul, trebuie să fie suficient de lungi pentru a permite lucrul lejer, să fie flexibile şi dintr-o bucată;
- conectorii subacvatici trebuie să fie bine prinşi şi să aibă o bună izolație;
- cablurile electrice trebuie ferite de şocuri mecanice şi să fie etichetate pentru a preveni utilizarea lor în alte scopuri;

– legăturile de la secundarul sursei trebuie făcute în conformitate cu instrucțiunile de exploatare ale acesteia, de regulă polul negativ la portelectrod şi polul pozitiv la masă. Înainte de începerea operațiunilor de sudare sau tăiere se verifică polaritatea la suprafață, într-un vas cu apă de mare, în care s-a introdus o piesă metalică la masa sursei;
– sursa de sudare-tăiere trebuie să fie de curent continuu şi să asigure un curent maxim de 500 A;
– instalația de alimentare cu oxigen trebuie verificată prin controlul funcționării reductorului de presiune şi a capacității buteliilor. Se vor respecta normele de protecția muncii în vigoare, privind manevrarea oxigenului sub presiune.

ART. 389. Normele de securitate ce trebuie respectate de către scafandri, pe timpul sudării sau tăierii oxi-arc sub apă sau în mediu uscat hiperbaric, sunt:
– portelectrodul trebuie să asigure securitatea scafandrului şi să fie proiectat peste limita curentului maxim necesar, conform normelor în vigoare;
– este interzisă folosirea altor tipuri de portelectrozi neomologați;
– este interzisă repararea portelectrodului în apă. Această operație se execută la suprafață de către asistența tehnică;
– scoaterea şi montarea electrodului în portelectrod se face numai după ce s-a întrerupt alimentarea cu energie electrică de la suprafață;
– este interzisă îndreptarea portelectrodului în apă către scafandru. Scafandrul nu trebuie să stea niciodată între electrod şi piesă;
– în timpul lucrului sub apă, scafandrul trebuie să evite atingerea oricărei părți metalice a echipamentului de scufundare de electrod sau piesă;
– costumul utilizat de către scafandru în operațiile de tăiere sau sudare sub apă, poate fi costum umed sau uscat. În ambele cazuri, scafandrul trebuie să poarte mănuşi electroizolante. În cazul utilizării costumului umed, scafandrul este obligat să folosească masca facială, dotată cu mijloace de comunicații cu suprafața prin fir;
– se interzice cu desăvârşire folosirea vizorului şi a aparatului de scufundare autonomă în activitatea de sudare şi tăiere sub apă. Alimentarea cu amestec respirator se va face prin furtun ombilical. Furtunul ombilical va juca şi rol de comunicații prin tracțiuni între scafandru şi suprafață, în caz de defectare a comunicațiilor telefonice prin fir;
– în locurile cu vizibilitate redusă, scafandrul trebuie să aibă asupra lui un sistem de iluminat sub apă;
– poziția de lucru a scafandrului în apă trebuie să fie astfel încât să se evite accidentarea în urma căderii pieselor degajate prin tăiere**.**

BIBLIOGRAFIE

ANGHELEA, N., MATRAGOCI, C., GRIGORAŞ, A., POPOVICI, V. – *Sudarea în mediu de gaze protectoare*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

ATANASIU, T., GRAD, V., MIHAI, C., GEORGESCU, ŞT. – *Acţiunile scafandrilor deminori în viziunea flotelor occidentale.* Editura EX PONTO, Constanţa, 2000.

BEJAN, A., BUJENIŢĂ, M. – *Dicţionar de marină*. Editura Militară, Bucureşti, 1979.

BRADY, E.M. – *Marine salvage operations*. Cornell Maritime Press, Cambridge, Maryland, 1960.

BUJENIŢĂ, M., NIGARU, N. – *Îndrumător marinăresc*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1959.

CAYFORD, J.E. – *Underwater work.* Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland, 1966.

CONSTANTIN, A. – *Transportul gazelor prin sistemul respirator uman şi mijloacele de protecţia respiraţiei, în procese hiperbare.* Teză de doctorat, Universitatea "Ovidius" Constanţa, 1998.

DAVIS, R.H. – *Deep diving and submarine operations.* The Saint Catherine Press, London, 1938.

DEGERATU, M., PETRU, A., IONIŢĂ, S. – *Manualul scafandrului*. Editura Per Omnes Artes, Bucureşti, 1999.

DEGERATU, M., PETRU, A., GEORGESCU, ŞT. – *Aparate de respirat sub apă*. Editura MATRIX ROM, Bucureşti, 2003.

DINU, D., PÎNZARIU, M., STANCA, C., VLAD, C. – *Autorizarea activităţilor subacvatice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 2000.

DINU, D., VLAD, C. – *Scafandri şi vehicule subacvatice*. Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1986.

EVDOKIMOV, G.V., SCETININA, A.I. – *Îndrumătorul marinarului*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1972.

GANEA, N. – *Alegerea, exploatarea, întreţinerea şi repararea pompelor*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1981.

GRANEFF, S. – *L'homme et la mer.* Ed. Press de la Cité, Paris, 1975.

HAUX, G. – *Subsea manned engineering*. Bailliere Tindall, London, 1982.

IACOBESCU, G., SOLOMON, G.H., TONOIU, I. – *Procedee şi tehnologii speciale de sudură*. Editura Bren, Bucureşti, 1999.

ILIE, V. – *Utilajul şi tehnologia sudurii.* Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972.

LARN, R., WHISTLER, R. – *Commercial diving manual*. Davis & Charles, 1984.

MANOLIU, I.A. – *Nave şi navigaţie.* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1984.

MAMONTOV. V.K. – *Executarea lucrărilor tehnice sub apă*. Traducere din limba rusă, Bucureşti, IDT, 1954.

MARTIN, R.C. – *The deep-sea diver yesterday, today and tomorrow*. Cornell Maritime Press, Cambridge, Maryland, 1978.

MERET, N., NOVAC, S.T. – *Utilizarea raţională a cablurilor din oţel în industrie*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1967.

MIHĂILESCU, D., CONSTANTIN, E., IORDĂCHESCU, D. – *Sudura subacvatică*. Vol. 1 şi vol. 2, Editura Tehnică, Bucureşti, 1999-2000.

MIHĂILESCU, D., CONSTANTIN, E., MITOŞERIU, O., MUŞAT, V., MIHĂILESCU, A. – *Reparaţii, întreţinere şi inspecţii subacvatice*. Editura Tehnică, Bucureşti, 2000.

MILOŞ, L. – *Tăierea termică*. Editura Sedona, Timişoara, 1966.

NĂSTĂSESCU, GH. – *Omul sub apă şi la altitudine*. Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1980.

NEWBERRY, W.G. – *Handbook for riggers*. Division of Newberry Instruments, 1967.

OPREAN, A., IONESCU, F., DORIN, A. – *Acţionări hidraulice. Elemente şi sisteme*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

PETRU, A., DEGERATU, M., IONIŢĂ, S. – *Ghidul scafandrului autonom*. Editura Olimp-Press, Bucureşti, 1992.

SPĂTARU, A. – *Construcţii costiere şi acvatorii.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1990.

STAMPF, H. – *Tehnica fotografică*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1958.

VASILE, I., CADARIU, GH. – *Tăierea şi prelucrarea cu flacără a materialelor metalice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1978.

VLAD, C., DINU, D. – *Intervenţii subacvatice*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.

ZYNKOWSKY, E. – *Commercial Oilfield Diving.* Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland, 1985.

* * * – *Manual pentru folosirea mijloacelor de salvare-avarii la navele de suprafaţă ale Marinei Militare.* Editura Militară a Ministerului Forţelor Armate, Bucureşti, 1962.

* * * – *NOAA diving manual. Diving for science and technology*. U.S. Governement Printing Office, Washington D.C., 1975.

* * * – *Norme privind organizarea şi desfăşurarea activităţilor de scufundare*. Centrul de Scafandri Constanţa, Comandamentul Marinei Militare, MApN, Constanţa, 1990.

* * * – *Norme privind pregătirea, organizarea şi protecţia muncii în activitatea de scufundare*. Centrul de Scafandri Constanţa, Comandamentul Marinei Militare, MApN, Constanţa, 1996.

* * * – *Prescripţii privind sudarea şi tăierea sub apă.* R.N.R. 48-86, Bucureşti, 1986.

PERIODICE:

British Journal of NDT; Hydraulic and Pneumatic Power, Journal of Fluid Mechanics, Journal of Petroleum Technology, NDT International, NOROIL, Ocean Industry, Offshore, Oil et Enterprise, Oil and Gas Journal, Petroleum Review, Pipes & Pipelines International, Power, Soudage et Techniques Connexes, Welding Journal, World Oil.